

**PEMODELAN DAN SIMULASI PROSES PRODUKSI  
PT. SERMANI STEEL UNTUK PENINGKATAN  
KAPASITAS PRODUKSI**

*MODELLING AND SIMULATION OF PT. SERMANI STEEL  
PRODUCTION PROCESS TO INCREASE  
PRODUCTION CAPACITY*

**RUSDI NUR**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2008**

**PEMODELAN DAN SIMULASI PROSES PRODUKSI  
PT. SERMANI STEEL UNTUK PENINGKATAN  
KAPASITAS PRODUKSI**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Mesin

Disusun dan diajukan oleh

**RUSDI NUR**

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2008**

# TESIS

## PEMODELAN DAN SIMULASI PROSES PRODUKSI PT. SERMANI STEEL UNTUK PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI

Disusun dan diajukan oleh

**RUSDI NUR**

**Nomor Pokok P2203206001**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 20 Agustus 2008  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui:

Komisi Penasihat,

---

**Prof. Dr. Ir. Duma Hasan, DEA.**

Ketua

Ketua Program Studi  
Teknik Mesin,

---

**Prof. Dr. Ir. Effendy Arif, M.Eng.**

Anggota

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin,

---

**Prof. Dr. Ir. Effendy Arif, M.Eng.**

---

**Prof. Dr. dr. A. Razak Thaha, M.Sc.**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Rusdi Nur**  
Nomor Mahasiswa : **P2203206001**  
Program Studi : **Teknik Mesin**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makasar, 20 Agustus 2008

Yang menyatakan,

**Rusdi Nur**

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Kuasa, hanya atas rahmat dan karuniaNya, sehingga penyusunan tesis yang berjudul “ **Pemodelan dan Simulasi Proses Produksi PT. Sermani Steel untuk Peningkatan Kapasitas Produksi** “ dapat terselesaikan. Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik (MT) di Universitas Hasanuddin.

Dalam penulisan Tesis ini, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. dr. Razak Thaha, MPH. sebagai Direktur Pascasarjana Universitas Hasanudin.
2. Prof. Dr. Ir. Effendy Arif, M.Eng, sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin dan sekaligus sebagai pembimbing II.
3. Prof. Dr. Ir. Duma Hasan, DEA., sebagai pembimbing I.
4. H. Suardi Bakri, sebagai pembimbing lapangan di PT. Sermani Steel.
5. Ayahanda, Ibunda, dan saudara-saudaraku, Asmeati isteriku, Ainayah anakku tercinta.
6. Seluruh Staf dan karyawan PT. Sermani Steel Makassar
7. Semua teman S<sub>2</sub> Teknik Mesin khususnya konsentrasi Tekni k Industri.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan-kekurangan dalam penyusunan tesis ini, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya, semoga tesis ini mempunyai manfaat bagi pembaca.

Makassar, Agustus 2008

Rusdi Nur

## ABSTRAK

### **RUSDI NUR. *Pemodelan Dan Simulasi Proses Produksi PT. Sermani Steel Untuk Peningkatan Kapasitas Produksi* (dibimbing oleh Duma Hasan dan Effendy Arif)**

Penelitian ini bertujuan (1) mengetahui model proses produksi pada P T. Sermani Steel (2) menentukan model simulasi proses produksi yang dapat meningkatkan kapasitas produksi sesuai target (minimal 15%)

Guna mendapatkan gambaran kondisi pabrik yang sebenarnya, model simulasi dibangun dengan simulator *Extend 4*. Melalui simulasi ini penyebab timbulnya ketidaklancaran aliran proses dalam proses produksi yang sedang berjalan dapat diidentifikasi, begitu juga halnya dengan tingkat utilisasi mesin pada masing-masing stasiun kerja. Dengan begitu melalui simulasi ini diharapkan dapat diperoleh model yang bisa meningkatkan kapasitas produksi dan mengoptimalkan utilisasi peralatan pabrik. Skenario yang dibuat meliputi pengaturan prioritas penggunaan *crane*, penambahan *crane*, pemindahan mesin yang letaknya agak berjauhan dengan area produksi, penambahan jam operasi pada stasiun kerja yang menjadi *bottleneck* sistem.

Dari penelitian ini diketahui bahwa area kerja yang menjadi *bottleneck* adalah stasiun *galvanizing*, hal ini ditandai dengan tingkat utilisasi yang paling tinggi dengan laju produksi yang paling rendah. Dengan memindahkan mesin *corrugation* dan *overhead crane* agar lebih dekat ke *galvanizing line* diperoleh peningkatan produksi sebesar 0,43%. (skenario 5). Menambah 1 unit *overhead crane* pada buffer 1 diperoleh peningkatan produksi sebesar 0,47% (skenario 3). Menambah jam operasi stasiun *galvanizing* dari 6 hari kerja/minggu menjadi 7 hari kerja/minggu dapat meningkatkan kapasitas produksi sebesar 12,84% (skenario 4). Memindahkan mesin *small corrugation* dan *overhead crane* dan menambah jam operasi stasiun *galvanizing* dapat meningkatkan kapasitas produksi sebesar 16,76% (Skenario 7). Menambah 1 unit *galvanizing line* dan *crane* dapat meningkatkan kapasitas produksi sebesar 43,92% (skenario 6).

**Kata Kunci:** Simulasi, Peningkatan Laju Produksi, Utilisasi Mesin.



## ABSTRACT

### **RUSDI NUR. *Modelling and Simulation of PT. Sermani Steel Production Process to Increase Production Capacity* (supervised by Duma Hasan and Effendy Arif)**

This research aimed to (1) find out the production process model of PT. Sermani Steel (2) get the simulation model of production process be able to improve capacities of minimum 15%.

In order to understand proficiently of the real factory condition, Extend 4 using to modeled production process. Simulation is one of the most effective methods in the evaluating the capacity and equipment utilization, comparing the performance of alternative designs of manufacturing systems and providing appropriate recommendations leading to improved performance. The objective of this project was to simulate the production process and evaluate effectiveness of the process in terms of machine and system performance. Particularly, increasing throughput and optimize equipment utilization.

Results from the current system identified galvanizing work area as the bottleneck resulting in high machine utilization but low production rate. Based on these results, optimum production capacity identified through use of scenarios by re-arrangement small corrugation machine, obtained production increase up to 0,43% (Scenario 5). By changing the number of hours worked per week (Scenario 4), obtained production increase up to 12,84%, by combined of Scenario 4 and Scenario 5 (Scenario 7) obtained production increase up to 16,76% and by adding the galvanizing line and crane (Scenario 6) obtained production increase up to 43,92%.

**Key Words:** Simulation, Production Rate Increasing, Machine Utilization.



## DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Kegunaan Penelitian	6
E. Batasan Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Proses Produksi	8
B. Teori dan Sistem Pemodelan	13
C. Simulasi	18
D. Pemilihan Distribusi Probabilitas	27
III. METODOLOGI PENELITIAN	31
A. Rancangan Penelitian	31
B. Prosedur Penelitian	32

IV. PEMODELAN SISTEM DAN PENGOLAHAN DATA	38
A. Gambaran Umum Sistem	38
B. Ukuran Performasi Sistem	41
C. Pembangunan Mode; Simulasi	41
D. Distribusi Data Proses Produksi	53
E. Validasi Model Simulasi	58
F. Pembuatan dan Running Model Alternatif	61
V. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	77
A. Analisa Perbandingan	77
B. Skenario yang direkomendasikan	87
VI. PENUTUP	91
A. Kesimpulan	91
B. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	94

## DAFTAR TABEL

nomor		halaman
4.1	Hasil Uji Distribusi Data Waktu Penyetelan Mesin	54
4.2	Distribusi data proses pada mesin <i>Shearing</i>	55
4.3	Distribusi data proses pada mesin <i>Feeder</i>	55
4.4	Distribusi data proses pada <i>Cleaning Line</i>	56
4.5	Distribusi data proses pada Bak <i>Galvanizing</i> dan <i>Drying</i>	56
4.6	Distribusi data proses pada Stasiun Inspeksi	57
4.7	Distribusi data proses pada Stasiun <i>Big Corrugation</i>	57
4.8	Distribusi data proses pada Stasiun <i>Small Corrugation</i>	58
4.9	Data dari <i>Small Trial Sample</i>	58
4.10	Data Laju Produksi dari Model Referensi	60
4.11	Data Laju Produksi dari Model dengan Skenario 1	63
4.12	Data WIP dari Model dengan Skenario 1	64
4.13	Data Laju Produksi dari Model dengan Skenario 2	65
4.14	Data WIP dari Model dengan Skenario 2	66
4.15	Data Laju Produksi dari Model dengan Skenario 3	67
4.16	Data WIP dari Model dengan Skenario 3	68
4.17	Data Laju Produksi dari Model dengan Skenario 4	69
4.18	Data WIP dari Model dengan Skenario 4	70
4.19	Data Laju Produksi dari Model dengan Skenario 5	71
4.20	Data WIP dari Model dengan Skenario 5	72
4.21	Data Laju Produksi dari Model dengan Skenario 6	74
4.22	Data WIP dari Model dengan Skenario 6	74
4.23	Data Laju Produksi dari Model dengan Skenario 7	75
4.24	Data WIP dari Model dengan Skenario 7	76
5.1	Kapasitas Produksi, WIP, Utilisasi dan Kerugian Utilisasi	86

## DAFTAR GAMBAR

nomor		halaman
1.	Diagram Alir dan Proses Produksi PT. Sermani Steel	94
2.	Tabel Utilisasi Model Referensi dan Model Alternatif	95
3.	Uji Hipotesa antara Model Referensi dan Model Alternatif	103
4.	Tabel Jumlah Produksi dan <i>Uptime</i> Stasiun <i>Galvanizing</i>	108
5.	Tabel Jumlah Produksi Tahun 2007/2008	109
6.	Tabel Jadwal Produksi Harian Stasiun <i>Galvanizing</i>	110
7.	Data <i>Batch Quantity</i> , Berat (kg) dan Luasan	112
8.	Tabel Berat Coil	113
9	Tabel Waktu Proses Stasiun <i>Shearing</i>	114
10	Tabel Waktu Proses Mesin <i>Feeder</i> (Stasiun <i>Galvanizing</i> )	115
11	Tabel Waktu Proses Bak Cleaning	116
12	Tabel Waktu Proses Ulang Bak Cleaning	117
13	Tabel Waktu Proses Bak Galvanizing	118
14	Tabel Waktu Proses Drying and Stamp	119
15	Tabel Waktu Proses Inspeksi	120
16	Tabel Waktu Proses Mesin <i>Big Corrugation</i>	121
17	Tabel Waktu Proses Mesin <i>Small Corrugation</i>	123
18	Model Simulasi Skenario	125
19	Jarak Tempuh Crane	133

## DAFTAR LAMPIRAN

nomor		halaman
1.1	Variasi Produk Berdasarkan Ketebalan Produk	2
1.2	Variasi Produk Berdasarkan Panjang Produk	2
2.1	Aliran Produksi Massal	11
2.2	Aliran Produksi <i>Batch</i>	11
2.2	Aliran Produksi Proyek	12
2.4	Cara untuk Mengamati Sistem	18
2.3	Contoh Pemodelan dengan <i>Extend</i>	27
3.1	Diagram Alir Penelitian	31
4.1	Denah <i>Lay Out</i> PT. Sermani Steel	42
4.2	Model Konseptual Proses Produksi PT Sermani Steel	47
4.3	Model Simulasi dari Proses Produksi PT Sermani Steel	49
4.4	Kalkulasi Data yang Menjadi Masukan Bagi Model Simulasi Stasiun <i>Shearing</i>	50
4.5	Kalkulasi Data yang Menjadi Masukan Bagi Model Simulasi Stasiun <i>Galvanizing</i>	52
4.6	Kalkulasi Data yang Menjadi Masukan Bagi Model Simulasi Stasiun <i>Corrugation</i>	53
4.7	Pengaturan <i>Crane</i> pada Model dengan Skenario 1	62
4.8	Pengaturan <i>Crane</i> pada Model dengan Skenario 2	64
4.9	Pengaturan <i>Crane</i> pada Model dengan Skenario 3	67
4.10	Pengaturan <i>Crane</i> pada Model dengan Skenario 5	70
4.11	Pengaturan <i>Crane</i> pada Model dengan Skenario 6	73
5.1	Tingkat Utilisasi per Skenario	87
5.2	Kapasitas Produksi per Skenario	88
5.3	Kerugian Utilisasi per Skenario	88
5.4	<i>Work in Process</i> per Skenario	89

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
$\alpha$	Parameter skala
$\beta$	Parameter bentuk
D	Uji statistik untuk membandingkan $F_n(x)$ dengan $\hat{F}(x)$
$E(\lambda)$	Distribusi eksponensial
$E(x)$	<i>Mean</i> (rata-rata) dari data yang akan diestimasi
$f$	Fungsi kepadatan terpadu
$F_n(x)$	Fungsi distribusi empirik
$\hat{F}(x)$	Distribusi yang dihipotesiskan
$\gamma$	Parameter lokasi
$\delta$	Koefisien variasi
$H_0$	$x$ mengikuti distribusi kontinyu tertentu
$H_1$	$x$ mengikuti distribusi kontinyu yang lain
$L(\theta)$	Fungsi <i>likelihood</i>
$n$	Jumlah data
$\theta$	Parameter distribusi
$\bar{\theta}$	Rata-rata dari parameter distribusi
$s$	Standar deviasi
$\text{Var}(x)$	<i>Varians</i> dari data yang akan destinasi
$x$	Variabel acak
$\bar{x}$	Nilai rata-rata dari variabel acak yang terkumpul

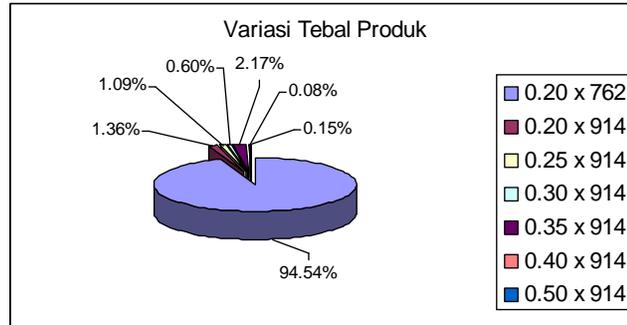
□□□□

□□□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□ □□□□□□

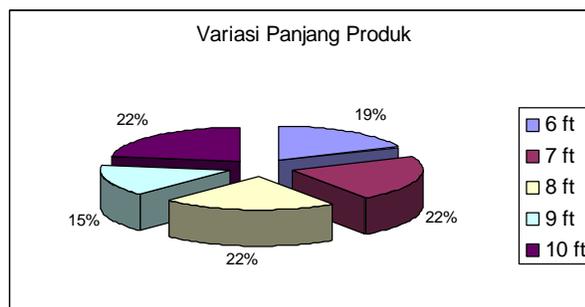
Secara umum tujuan suatu industri manufaktur adalah untuk memproduksi barang secara ekonomis agar dapat memperoleh keuntungan serta dapat menyerahkan produk tepat waktu. Selain itu industri manufaktur juga ingin agar proses produksi dapat kontinu dan berkembang sehingga kelangsungan hidup perusahaan terjamin. Sekarang ini perusahaan juga dituntut untuk lebih kompetitif sehingga mampu bersaing merebut pasar yang ada. Salah satu langkah untuk mewujudkan ini adalah melalui pengembangan sistem operasional dan pemrosesan dengan mengeliminasi tahapan operasi yang tidak perlu .

PT. Sermani Steel adalah industri manufaktur yang memproduksi baja lembaran lapis seng (seng gelombang). Proses manufaktur dari industri ini adalah *surface processing* yang terdiri dari tahapan *shearing*, *cleaning*, *hot deep galvanizing* dan *corrugation*. Pada stasiun *shearing*, material berupa gulungan baja dipotong sesuai ukuran yang diinginkan. Proses *cleaning*, *hot deep galvanizing* dan *drying* disatukan dengan *motorized roller conveyor* dalam stasiun *galvanizing*. Pada stasiun ini lembaran baja dibersihkan, dilapisi dengan seng dan kemudian dikeringkan. Selanjutnya lembaran seng dibuat bergelombang pada stasiun *corrugation*.



Gambar 1.1 Variasi Produk Berdasarkan Ketebalan Produk  
(Sumber: PT. Sermani Steel, 2008).

Jenis seng yang diproduksi adalah baja lembaran lapis seng (seng gelombang) dari berbagai ukuran dan ketebalan. Gambar 1.1 menunjukkan jenis variasi produk yang dihasilkan oleh PT. Sermani Steel berdasarkan ketebalan produk, sedangkan Gambar 1.2 menunjukkan variasi produk berdasarkan panjang produk.



Gambar 1.2 Variasi Produk Berdasarkan Panjang Produk  
(Sumber: PT. Sermani Steel, 2008).

Pada saat ini kapasitas produksi PT. Sermani Steel secara keseluruhan mencapai kurang lebih 10.716.441 kg per tahun. Menurut pihak manajemen, jumlah ini masih kurang dibanding permintaan pasar, karena berapapun jumlah produk yang bisa dihasilkan saat ini, tetap bisa

diterima pasar. Hal ini tentu saja merupakan suatu kerugian besar bagi industri ini, karena tidak mampu memenuhi permintaan yang ada, yang berarti kesempatan untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar tidak bisa dimanfaatkan. Agar mampu memenuhi kebutuhan pasar sekarang, pihak manajemen harus bisa meningkatkan kapasitas produksinya minimal 15% dari *output* saat ini.

Saat ini di pasaran bermunculan berbagai produk yang menjadi pesaing antara lain adanya genteng metal dengan berbagai macam model. Hal lain yang memperlemah daya saing produk seng gelombang adalah kenaikan biaya produksi akibat adanya kenaikan harga material, bahan bakar dan tarif listrik. Solusi yang paling realistis adalah meningkatkan kapasitas produksi dengan optimalisasi penggunaan peralatan yang ada serta mengidentifikasi dan mengeliminasi tahapan operasi yang tidak perlu. Dengan demikian diharapkan biaya produksi per unit bisa ditekan sehingga produk seng gelombang ini memiliki keunggulan dari segi harga jual.

Saat ini di pasaran bermunculan berbagai produk yang menjadi pesaing antara lain adanya genteng metal dengan berbagai macam model. Hal lain yang memperlemah daya saing produk seng gelombang adalah kenaikan biaya produksi akibat adanya kenaikan harga material, bahan bakar dan tarif listrik. Solusi yang paling realistis adalah meningkatkan laju produksi dengan optimalisasi penggunaan peralatan yang ada serta mengidentifikasi dan mengeliminasi tahapan operasi yang tidak perlu. Dengan demikian diharapkan biaya produksi per unit bisa ditekan sehingga produk seng gelombang ini memiliki keunggulan dari segi harga jual.

Salah satu cara analisa yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan pada fasilitas produksi adalah menggunakan pendekatan simulasi. Choi et al. (2002) menggunakan simulasi untuk mengidentifikasi *bottleneck* dan mengevaluasi performansi mesin serta data produksi untuk pengawasan produksi yang lebih efisien. Dari hasil simulasi diperoleh area yang menjadi *bottleneck* di dalam sistem dan jumlah mesin *assembly* optimum yang harus ditambahkan pada area tersebut. Selain itu dari simulasi juga diketahui *utilization rate* personil yang rendah pada beberapa stasiun kerja sehingga disarankan agar sistem produksinya dibuat otomatis atau semi otomatis.

Pada dasarnya perbaikan yang dilakukan pada suatu subsistem akan sangat berpengaruh pada sistem secara keseluruhan, apalagi perbaikan ini dilakukan pada suatu proses produksi dimana proses yang dikerjakan saling berhubungan. Dengan pendekatan simulasi, maka kondisi sistem secara keseluruhan akan dapat diketahui, sehingga informasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan kebijaksanaan yang akan diambil. Petrides (2001) menyarankan untuk menggunakan skenario penambahan *batch size* maksimum disertai pengurangan *plant cycle time*, dimana pengurangan *cycle time* dapat dilakukan dengan penataan ulang urutan penggunaan peralatan (terutama untuk peralatan yang dipakai bersama). Hal ini telah diterapkan pada simulasi industri *bio-manufacturing*, dan ternyata bisa memberikan peningkatan *throughput* sebesar 53,73%.

Oraifige (2004) menggunakan simulasi untuk mengevaluasi sistem produksi dari sebuah industri garmen. Dari hasil simulasi diketahui bahwa utilisasi departemen *knitting* mencapai 98% utilisasi, sedangkan departemen lainnya seperti *sewing* dan *cutting* hanya beroperasi pada utilisasi 15-20%. Ini memberikan gambaran yang jelas bahwa peningkatan produksi dan pengiriman yang tepat waktu hanya bisa dicapai dengan peningkatan produksi pada departemen *knitting*. Dengan adanya penambahan mesin *knitting* baru, *lead time* dapat dikurangi dari 5 minggu menjadi 2 minggu.

Ada beberapa hambatan yang dialami oleh pihak manajemen dalam meningkatkan kapasitas produksi, yaitu antara lain:

- ⇒ Keterbatasan area produksi terutama dalam hal penambahan mesin - mesin produksi untuk peningkatan kapasitas produksi,
- ⇒ Penataan ulang letak tiap mesin produksi untuk memperbaiki proses produksi akan sangat dibatasi oleh luas daerah kerja yang begitu tidak memadai,
- ⇒ Terkait dengan masalah biaya perbaikan proses produksi atau penambahan mesin-mesin produksi yang begitu tinggi.

Oleh karena itu, peningkatan kapasitas produksi dapat diperoleh dengan meningkatkan proses produksi dengan pendekatan simulasi. Untuk mengetahui peningkatan kapasitas produksi pada PT. Sermani Steel, maka dalam penulisan tesis ini, penulis mengambil judul

□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□□□



2. Beberapa skema penempatan mesin pabrik berdasarkan model simulasi yang dihasilkan, dapat dijadikan alternatif jika diinginkan untuk menata ulang penempatan mesin atau menambah mesin baru.



Untuk lebih terarahnya tulisan ini, maka definisi dan lingkup yang menjadi batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada proses produksi dan *material handling* pada proses produksi.
2. Model simulasi yang akan dibangun adalah model simulasi dari sistem manufaktur dan beberapa skenario alternatif.
3. Tidak membahas aspek biaya investasi ataupun biaya operasional pabrik.



dan spesifikasinya sangat berbeda antara pesanan yang satu dengan lainnya.

2. *Made to order* (MTO), bila perusahaan memproduksi (membuat) dengan fasilitas produksi yang memiliki untuk memenuhi pesanan (order).
3. *Assembly to order* (ATO), bila perusahaan memproduksi (merakit) dengan fasilitas produksi yang dimiliki untuk memenuhi pesanan (order).
4. *Made to stock* (MTS), bila produksi perusahaan tidak ditujukan untuk melayani pesanan, namun distok untuk mengantisipasi permintaan.

Berdasarkan ukuran jumlah produk yang dihasilkan, produksi dapat dikelompokkan menjadi:

1. Produksi proyek, biasanya jumlah unit yang diproduksi satu dengan jumlah operasi banyak dan melibatkan banyak sumber daya.
2. Produksi *batch*, biasanya jumlah unit yang diproduksi berukuran sedang, biasanya perusahaan memproduksi banyak jenis produk.
3. Produksi massal, bila jumlah unit yang diproduksi sangat besar, jenis yang diproduksi perusahaan umumnya lebih sedikit dibanding *batch*.

Berdasarkan cara memproduksi (berhubungan dengan pengaturan fasilitas produksi), produksi dapat dikelompokkan menjadi:

1. Produksi *flow shop*,
2. Produksi fleksibel (*flexible manufacturing systems*),
3. Produksi *job shop*, biasanya untuk volume produksi *batch*, dan
4. Produksi kontinyu, biasanya untuk volume produksi massal.

Sedangkan menurut Groover (2000), proses manufaktur dapat dibagi menjadi dua jenis proses utama yaitu: operasi proses (*processing operations*) dan operasi perakitan (*assembly operations*). Operasi proses mengubah material kerja dari satu bentuk menjadi bentuk lain yang berupa *part* atau produk, sedangkan operasi perakitan menggabungkan dua atau lebih komponen menjadi *part* atau produk.

Operasi proses dapat dibagi atas kategori:

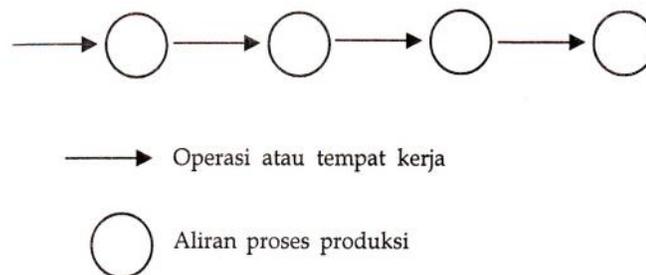
1. *Shaping operations*; adalah operasi pembentukan dengan menerapkan gaya mekanis, panas atau bentuk energi lain dalam rangka mengubah ukuran (*geometry*) benda kerja. Proses ini mencakup: *Solidifications process*, *Particulate processing*, *Deformation process*, dan *Material removal process*.
2. *Property enhancing operations* adalah operasi peningkatan sifat mekanis atau fisik dari benda kerja. Proses ini tidak mengubah ukuran benda kerja kecuali pada beberapa kasus berupa penyusutan. Proses ini mencakup: *Heat treatment* dan *Sintering*.
3. *Surface processing operations*; adalah operasi pemrosesan permukaan benda kerja, proses ini mencakup: *Cleaning*, *Surface treatments*, dan *Coating and thin film deposition*.

Sedangkan operasi perakitan dapat dibagi atas kategori:

1. *Permanently joining processes*; adalah operasi perakitan dari dua komponen atau lebih dengan sambungan permanen sehingga tidak bisa dibuka tanpa merusak produk yang telah disambung.

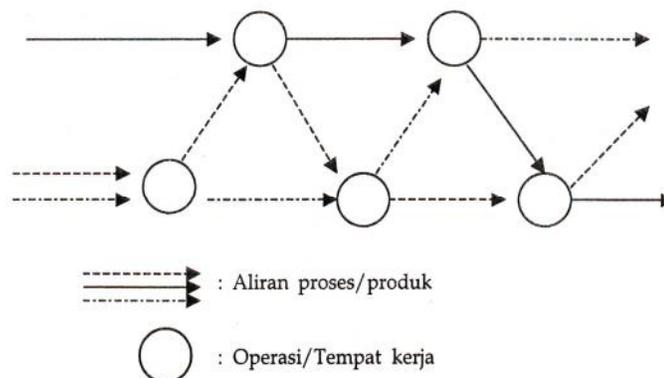
2. *Semi permanently joining processes*; adalah operasi perakitan dengan sambungan semi permanen sehingga bisa lebih mudah dibuka.

Operasi produksi pada industri proses atau proses produk diskrit dapat dibagi atas *continuous production* dan *batch production*. Pada industri proses, *continuous production* berarti bahwa proses berjalan sebagai aliran material yang terus menerus, tanpa terputus (Gambar 2.1), material yang diproses biasanya dalam bentuk cairan, bubuk atau gas.



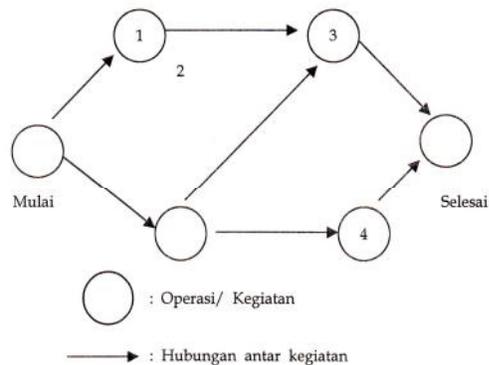
Gambar 2.1. Aliran produksi massal (Joko. 2001)

*Batch production* muncul ketika material yang diproses harus dibatasi pada jumlah tertentu (*batch*). Hal ini biasanya disebabkan oleh keterbatasan kapasitas kontainer (tangki) atau karena adanya perubahan tipe produk. Gambar 2.2 memperlihatkan produksi *batch*.



Gambar 2.2. Aliran produksi *batch* (Joko. 2001)

Sedangkan pada gambar 2.3 memperlihatkan aliran proyek, produksi *batch* dan produksi kontinyu.



Gambar 2.3. Aliran produksi proyek (Joko. 2001)

Menurut Hatta, dkk (2002), Jenis proses produksi yang digunakan oleh PT. Sermani Steel adalah termasuk jenis proses produksi utama untuk kualitasnya dapat digolongkan kedalam proses produksi terputus-putus (*intermittent*) sebab ukuran dan jenis gelombang pada lembaran seng yang diproduksi disesuaikan dengan kebutuhan konsumen atau pasar. Sedangkan untuk kuantitasnya tergolong dalam jenis produksi kontinyu sebab ukuran-ukuran produk telah ditentukan dengan beberapa jenis ukuran, sehingga konsumen dapat memilih jenis ukuran yang di inginkan.

Sejak awal berdirinya PT. Sermani Steel sampai saat ini masih tetap menggunakan tiga unit proses produksi, yaitu:

#### 1. *Shearing Line*

Proses *Shearing Line* adalah proses mengubah bentuk dari baja lembaran menjadi potongan-potongan baja dengan panjang dan jumlah



Setiap sistem berusaha mencapai satu sasaran atau lebih sehingga tujuan menjadi pendorong (motivasi) dari sistem untuk mencapai tujuan tersebut.

- Keseluruhan (*wholism*):  
 Suatu teori yang menyatakan bahwa faktor-faktor penentu merupakan kesatuan yang tidak dapat direduksi lagi.
- Keterbukaan (*openness*):  
 Menunjukkan kesamaan akhir (*quifinality*), ini berarti bahwa status akhir dari suatu sistem dapat dicapai dari berbagai status awal.
- Transformasi (*transformation*):  
 Menunjukkan bahwa suatu sistem mempunyai kemampuan untuk mengubah nilai status sumber daya (*input*) menjadi keluaran (*output*) melalui suatu proses transformasi.
- Keterhubungan (*interrelatedness*):  
 Mencakup interaksi internal dan ketergantungan antar bagian-bagian atau elemen-elemen pembentuk sistem dan interaksi sistem dengan lingkungannya.
- Mekanisme kontrol (*control mechanism*):  
 Merupakan proses pengaturan yang digunakan sistem untuk mengoreksi setiap penyimpangan yang terjadi.

□□□ □□□□

Definisi model antara lain sebagai berikut :

- Model didefinisikan sebagai representasi dari sistem baik secara kualitatif kuantitatif yang mewakili suatu proses atau kejadian, dimana

dapat menggambarkan secara jelas hubungan interaksi antar berbagai faktor-faktor penting yang akan diamati.

Model tersebut dikembangkan untuk melakukan investigasi pengembangan yang memungkinkan untuk diterapkan pada sistem nyata atau untuk mengetahui pengaruh kebijaksanaan yang berbeda-beda.

Tujuan dari banyak studi tentang sistem adalah untuk memprediksikan bagaimana sistem akan bekerja sebelum sistem tersebut dibangun. Sebagai alternatif, kadang-kadang dibangun *prototype* untuk melakukan pengujian, tetapi hal tersebut sangat mahal dan menghabiskan banyak waktu. Bahkan dengan sistem yang sudah ada, sangat tidak mungkin atau tidak praktis bereksperimen dengan sistem nyata. Sehingga studi tentang sistem biasanya dilakukan dengan model sistem yang juga merupakan penyederhanaan dari sistem.

□□ □□□□□□□□ □□□□□ □□□□

Model simulasi dapat dibedakan menjadi (Law and Kelton , 2000):

Statis atau dinamis

Deterministik atau stokastik

Kontinyu atau diskrit

□ □□□□□□ □□□□□□□□□□, merepresentasikan suatu sistem pada waktu tertentu. Salah satu tipe yang paling umum dari simulasi statis menggunakan bilangan random untuk menyelesaikan permasalahan, biasanya stokastik, dan bergulirnya waktu tidak mempunyai peran.

□ □□□□□□□ □□□□ □□□□ □□, merepresentasikan suatu sistem yang berubah terhadap waktu, contohnya simulasi dari mesin CNC yang bekerja 40 jam per minggu.

□ □□□□□ □□ □□□□□□ □□□□□□ □□□□□□, mengasumsikan tidak ada variabilitas dalam parameter model dan, oleh karenanya, tidak melibatkan variabel random. Jika model deterministik dijalankan atas nilai masukan yang sama, maka akan selalu menghasilkan nilai yang sama. Keluaran dari sekali menjalankan model simulasi deterministik merupakan nilai nyata dari performansi model.

□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□, berisikan satu atau beberapa variabel random untuk menjelaskan proses dalam sistem yang diamati. Keluaran dari model simulasi stokastik adalah random dan oleh karenanya hanya merupakan perkiraan dari karakteristik sesungguhnya dari model. Maka, diperlukan beberapa kali menjalankan model, dan hasilnya hanya merupakan perkiraan dari performansi yang diharapkan dari model atau sistem yang diamati.

□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□□□, kondisi variabel berubah secara kontinyu, sebagai contoh, aliran fluida dalam pipa, atau terbangnya pesawat udara, kondisi variabel posisi dan kecepatan berubah secara kontinyu terhadap satu dengan lainnya.

□ □□□□□ □□ □□□□□□ □□□□□□, kondisi variabel berubah hanya pada beberapa titik (tertentu, yang dapat dihitung) dalam waktu. Kebanyakan dari sistem manufaktur dimodelkan sebagai simulasi kejadian dinamis, diskrit,

stokastik dan menggunakan variabel random untuk memodelkan rentang kedatangan, antrian, proses, dsb.

□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□

Pendekatan pemodelan meliputi:

- Pendekatan proses; Proses didefinisikan sebagai suatu operasi dimana entiti yang ada harus mampu melewati siklus dari sistem tersebut.
- Pendekatan aktivitas; Merupakan deskripsi dari aktivitas yang akan selalu dipacu dengan segera oleh perubahan *state* dalam sistem.
- Pendekatan *event*; Didefinisikan sebagai kumpulan aktivitas yang mungkin mengikuti perubahan *state* dalam sistem.

Didalam proses menjalankan simulasi dari suatu model, terdapat dua perilaku *output* pada model simulasi (Suryani: 2006), yaitu:

1. *Terminating Model*, yaitu model yang disimulasikan dengan menggunakan pengaturan waktu tertentu/terbatas atau waktunya dapat ditentukan dengan pasti (ada *start* dan *stop*). Contohnya: simulasi terhadap *service*/fasilitas (bank: buka jam 8.00 – 16.00)
2. *Non-terminating Model*, yaitu model yang disimulasikan dalam jangka waktu yang tak tertentu/terbatas atau dijalankan secara kontinu selama periode waktu yang sangat panjang. Contohnya: ATM di bandara yang selalu penuh dengan nasabah.

Adapun pendekatan yang banyak dilakukan adalah menjalankan simulasi sampai kondisi stabil tercapai. Pendekatan lain yaitu menjalankan simulasi untuk periode waktu yang diatur sendiri, misalnya dalam satu bulan



### □□□□ □□□□□□ □□□□□□ □□□□□□ **Discrete Event** □

Simulasi kejadian diskrit merupakan alat penting yang mampu membantu untuk memahami dan mengelola sistem manufaktur yang rumit, yang umum dijumpai dalam industri saat ini (Law and Kelton, 2000). Simulasi kejadian diskrit memusatkan pada pemodelan dari sistem yang menyusun perubahan waktu dengan penggambaran dimana variabel keadaan berubah pada titik yang terpisah dalam waktu. Titik dari waktu tersebut adalah waktu dimana terjadinya kejadian (*event*), dan model akan mengalami perubahan *state* jika terjadi perubahan *event*.

Terminologi simulasi kejadian diskrit terdiri dari dua bagian yaitu (Pidd, 1992):

- a. □□□□□□□□□□ ; yaitu sekumpulan obyek yang membentuk suatu sistem untuk disimulasikan, terdiri dari:
  - a) *Entity*; Merupakan elemen-elemen sistem yang disimulasikan dan dapat diidentifikasi dan diproses secara individual, misalnya mesin-mesin di pabrik, kendaraan, orang atau apa saja yang mengubah *state* sepanjang waktu simulasi. Interaksi antar entiti tersebut membentuk perilaku sistem.
  - b) *Class*; Entiti-entiti secara individu dapat diidentifikasi, tetapi entiti-entiti yang sejenis dikelompokkan dalam kelas-kelas.
  - c) *Attribut*; Tiap-tiap entiti akan memiliki satu atau lebih atribut yang membawa informasi tambahan mengenai entiti tersebut. Atribut tersebut memiliki kegunaan yang antara lain membagi entiti menjadi kelas-kelas, misalnya manufaktur mobil yang



pada tiap *event* disebut aktivitas, dimana aktivitas tersebut mentransformasikan *state* entiti.

g) *Process*; Kadang-kadang sekumpulan *event-event* yang berurutan memerlukan pengelompokan pada suatu urutan yang kronologis sesuai bagaimana *event-event* tersebut akan terjadi. Urutan tersebut disebut proses dan sering digunakan untuk mewakili semua atau beberapa bagian siklus entiti temporer.

h) *Simulation Clock*; Adalah titik yang dicapai oleh waktu simulasi pada suatu simulasi atau variabel yang memberikan nilai waktu simulasi pada saat simulasi sedang dijalankan.

□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□ □□□□□□

Seiring dengan perkembangan dan cepatnya kemajuan teknologi, masih banyak perusahaan dan industri yang belum menggunakan peralatan yang lebih maju, proses kerjanya tidak efisien dan minimnya otomasi. Hal ini bisa terjadi karena banyaknya kendala yang menghalangi. Antara lain karena mahalny biaya yang harus dikeluarkan atau karena lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengeksplorasi alternatif-alternatif metode operasi yang lebih baik.

Penggunaan simulasi umumnya didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan berikut:

- a. Melakukan percobaan dengan sistem yang sesungguhnya tidak memungkinkan, terlalu mahal, atau akan merusak sistem.

- b. Penyelesaian matematis atau analitis tidak memungkinkan (terlalu lama dan mahal).
- c. Diinginkan untuk mengevaluasi sistem sebagaimana sistem akan bekerja dalam rentang waktu yang diberikan.
- d. Diinginkan untuk membandingkan alternatif-alternatif rancangan sistem yang diusulkan untuk mengetahui sistem mana yang paling memenuhi atas persyaratan-persyaratan yang telah ditetapkan.

□□□□ □□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□

Salah satu area aplikasi simulasi pemodelan adalah sistem manufaktur. Sebagian dari isu yang spesifik dalam bidang manufaktur dimana simulasi digunakan adalah (Law and Comas, 1997):

Penentuan jumlah personil dan peralatan yang dibutuhkan.

- o Jumlah dan tipe mesin untuk penggunaan khusus.
- o Jumlah, tipe dan penataan secara fisik dari *transporters*, *conveyors* dan peralatan pendukung lainnya.
- o Lokasi dan ukuran dari *inventory buffers*.
- o Evaluasi terhadap perubahan volume produk atau campuran tipe produk.
- o Evaluasi terhadap efek penambahan peralatan baru pada pabrik yang sudah berjalan.
- o Evaluasi penanaman modal.
- o *Labor requirements planning*.

Evaluasi performansi

- o Analisa *throughput* yang dihasilkan dalam jangka waktu tertentu

- Analisa *time in system* dari komponen yang diproduksi
- Analisa *Bottleneck* pada aliran proses produksi .

#### Evaluasi prosedur operasional

- Penjadwalan produksi.
- Kebijakan *Inventory*.
- Strategi pengendalian (sebagai contoh, untuk sistem sarana angkut otomatis AGVS).
- Analisa keandalan (sebagai contoh, efek dari penerapan perawatan preventif).
- Kebijakan pengawasan kualitas.

□□ □□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□

Karena sampel acak yang menjadi *input* bagi sebuah model simulasi, maka data *output* yang dihasilkan juga akan acak. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk memperhatikan sumber keacakan dari sistem yang dimodelkan dengan benar. Berikut ini adalah beberapa sumber keacakan dalam simulasi sistem manufaktur, yaitu:

- Kedatangan pesanan, komponen atau bahan baku.
- Waktu pemrosesan, perakitan atau waktu inspeksi.
- Waktu kerusakan mesin.
- Waktu perbaikan mesin.
- Waktu pemasangan/pembongkaran material atau produk.
- Waktu penyetelan mesin.

Secara umum, setiap sumber keacakan dalam suatu sistem perlu dimodelkan dengan distribusi probabilitas yang tepat .

□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□

Proses pembuatan simulasi untuk sistem manufaktur mencakup tahapan sebagai berikut (Chance et al, 1996):

#### Tahap Perancangan Model

Pada tahap ini, masalah yang ada pada suatu perusahaan diidentifikasi, dan tujuan yang ingin dicapai dari simulasi harus digambarkan dengan jelas. Tahapan ini mencakup:

- Identifikasi masalah yang ada.
- Merencanakan proyek.
- Pembuatan model konseptual.

#### Tahap Pengembangan Model

Tahapan ini mencakup:

- Memilih pendekatan pemodelan.
- Membangun dan menguji model.
- Verifikasi dan validasi model.

Ada dua jenis pendekatan pemodelan yang bisa digunakan yaitu:

1. Pendekatan *job-driven*, dimana aliran *job* pabrikasi adalah entiti sistem yang aktif sedangkan sumber daya sistem (*system resources*) bersifat pasif. Model simulasi dibuat untuk menggambarkan bagaimana *job* bergerak sepanjang tahapan pemrosesannya, menggunakan semua sumber daya yang tersedia kapan saja dibutuhkan. Catatan terpisah untuk setiap aliran *job* dalam sistem dibuat sehingga waktu eksekusi simulasi jauh lebih lama.

2. Pendekatan *resource-driven*, dimana *job* individual bersifat pasif dan diproses oleh sumber daya sistem yang aktif (mesin dan operator). *State* sistem dijelaskan oleh status dari sumber daya. Tidak semua *job* di dalam sistem yang dicatat, melainkan hanya jumlah *job* dari jenis tertentu dan pada *step-step* yang berbeda yang dicatat, sehingga waktu eksekusinya bisa lebih cepat.

### Tahap Penyebaran Model

Tahapan ini mencakup:

- o Melakukan eksperimen pada model.
- o Analisa hasil simulasi.
- o Implementasi hasil untuk pengambilan keputusan.

Waktu untuk analisa hasil simulasi biasanya lebih singkat dengan adanya keluaran dalam bentuk grafik dan tabel.

□□□□□□□□□□ □□□□□

Model simulasi diprogram dengan menggunakan:

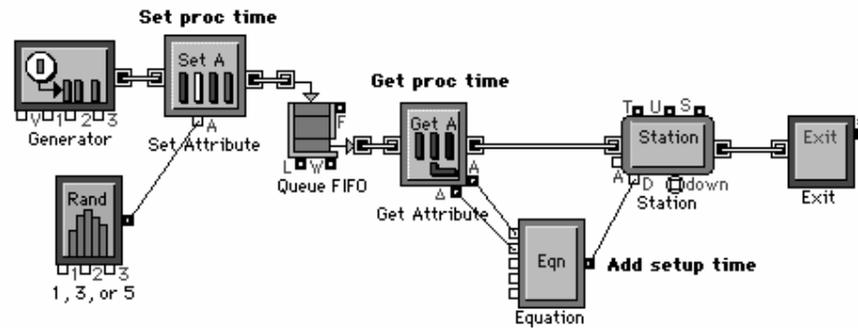
Bahasa pemrograman penggunaan umum (*general-purpose language*).

Bahasa pemrograman penggunaan khusus (*special-purpose language*).

Simulator.

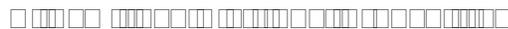
□□□□□□□ □□□ □□□□□□ □□□ □□□□□□□□□□□ □□ □□ , seperti halnya FORTRAN, C, BASIC, dan PASCAL, merupakan bahasa pemrograman komputer yang pertama digunakan untuk mengembangkan pemodelan dan simulasi. Diperlukan keahlian pemrograman dalam bahasa tertentu,





Gambar 2.5. Contoh Pemodelan Dengan *Extend*

Oleh karena itu, pada PT. Sermani Steel akan dilakukan pemodelan proses produksi baik yang sudah ada maupun yang akan direncanakan, dan kemudian dibuat dalam bentuk simulasi dengan menggunakan software *Simulator Extend Manufacturing™* untuk mengetahui peningkatan kapasitas produksi yang optimal.



Dalam pemodelan simulasi banyak dijumpai variabel-variabel yang bersifat random, variabel-variabel tersebut mempunyai distribusi probabilitas tertentu. Sebelum proses simulasi dimulai, distribusi probabilitas tersebut harus diketahui, kemudian parameternya ditentukan. Pola distribusi probabilitas tersebut digunakan untuk membangkitkan peubah acak yang digunakan dalam simulasi.



Pendekatan yang digunakan untuk menduga pola distribusi data antara lain dengan metode *heuristic point statistic*. Dengan menghitung koefisien variasi dari data yang terkumpul dengan persamaan:



- o parameter lokasi ( $\gamma$ ), menunjukkan posisi pada sumbu datar (absis) dari interval. Pada umumnya  $\gamma$  merupakan titik tengah dari interval.
- o parameter skala ( $\beta$ ), menunjukkan skala pengukuran nilai dalam interval distribusi.
- o parameter bentuk ( $\alpha$ ), menunjukkan perbedaan lokasi dan skala distribusi.

Untuk menduga parameter distribusi, digunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE). Dari data  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , fungsi *likelihoodnya* merupakan fungsi kepadatan terpadu dari peubah acaknya, yakni:

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f_{\theta}(x_i), \text{ sehingga}$$

$$L(\theta) = f_{\theta}(x_1), f_{\theta}(x_2), \dots, f_{\theta}(x_n), \text{ dan } \theta \text{ adalah parameter distribusi.}$$

MLE  $\bar{\theta}$  dari  $\theta$  didefinisikan sebagai nilai dari  $\theta$  yang memaksimalkan  $L(\theta)$  pada seluruh nilai  $\theta$  yang diperbolehkan. Bila  $\bar{\theta} = (\theta_1, \theta_2)$ , maka untuk mendapatkan pendugaan kemungkinan terbesar dari  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{\ln L(\theta)}{\theta_1} \approx 0, \text{ dan } \frac{\ln L(\theta)}{\theta_2} \approx 0$$

□□□□ □□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□

Metode uji *Kolmogorov-Smirnov*, yang digunakan untuk membandingkan distribusi empiris data dengan distribusi empiris tertentu yang dihipotesiskan. Jika  $F_n(x)$  adalah fungsi distribusi empirik dan  $\hat{F}(x)$  merupakan distribusi yang dihipotesiskan, maka sebagai uji statistik adalah :

$$D_n = \max |F_n(x) - \hat{F}(x)|$$

Hipotesis yang digunakan adalah :

$H_0$  :  $x$  mengikuti distribusi kontinyu tertentu.

$H_1$  :  $x$  mengikuti distribusi kontinyu yang lain.

Jika distribusi yang dihipotesiskan adalah distribusi Eksponensial  $E(\lambda)$ , dengan  $\lambda$  tidak diketahui (diperkirakan dengan  $1/\bar{x}$ ) dan  $\hat{F}(x) = 1 - e^{-x/\bar{x}}$  maka tolak  $H_0$  bila:

$$D_n > \frac{0.2}{n} \sqrt{n} = 0.26 > \frac{0.5}{\sqrt{n}} C_{1-\alpha}$$

Jika distribusi yang dihipotesiskan adalah distribusi Weibull dengan parameter-parameter  $\beta$ ,  $\alpha$  yang tidak diketahui (diperkirakan dari harga rata-rata) dan fungsi:

$$\hat{F}(x) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{x}{\alpha} \right)^\beta \right], \text{ maka: Tolak } H_0 \text{ bila : } D_n > d_{n, 1-\alpha}.$$