

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. PERANCANGAN TATA LETAK PABRIK

Perancangan tata letak adalah pengaturan tata letak fasilitas-fasilitas dalam sebuah pabrik sedemikian rupa sehingga aliran material dalam proses produksi lancar dan tidak menimbulkan kemacetan.

Perancangan tata letak sangat dibutuhkan dalam pembangunan sebuah pabrik. Dengan tata letak yang baik, sebuah pabrik dapat menghasilkan kondisi yang mendukung aktivitas produksi ketika pabrik tersebut mulai beroperasi. Perancangan tata letak juga dibutuhkan bila pabrik membeli mesin-mesin baru, juga apabila dirasakan perlu bagi sebuah pabrik untuk meninjau lagi tata letaknya karena dirasakan ada penurunan produktivitas.

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penerapan perancangan tata letak:

- Meminimumkan waktu produksi secara keseluruhan
- Melancarkan aliran produksi dan material.
- Mengefektifkan penggunaan ruang.
- Menciptakan suasana kerja yang aman dan nyaman sehingga mendukung produktivitas.
- Meningkatkan *output* produksi.
- Mengurangi waktu tunggu.
- Mengurangi proses pemindahan material.
- Mempertahankan fleksibilitas perencanaan dan proses.

- Meminimumkan biaya *material handling*.

Prinsip-prinsip dasar tata letak pabrik:

- Prinsip integrasi total agar semua faktor dan elemen produksi yang ada menjadi satu unit operasi yang besar.
- Prinsip minimalisasi jarak perpindahan bahan atau material yang bergerak dari satu operasi ke operasi berikutnya.
- Prinsip konstantisasi (pelancaran) aliran kerja dengan menghindari kesimpangsiuran akibat gerakan balik (*back-tracking*) dan gerakan memotong (*cross-movement*), kemacetan (*congestion*), dan interupsi (agar material bergerak teras).
- Prinsip pemanfaatan area (aspek luas, *floor space*) dan ruang (aspek volume, *cubic space*) yang ada secara efektif dan efisien.
- Prinsip kepuasan kerja dan keselamatan pekerja di dalam pabrik.
- Prinsip fleksibilitas tata letak (*layoul*) terhadap kemungkinan penyesuaian atau pengaturan kembali (*relayout*) atau pembuatan *layout* baru secara cepat dan murah.

Langkah-langkah secara umum yang dapat dilakukan untuk merencanakan desain tata letak adalah:

1. Mendefinisikan masalah.
2. Menganalisa masalah.
3. Mencari alteraatif.
4. Evaluasi alternatif desain yang telah dibuat.
5. Memilih desain yang paling optimal.

6. Merinci pemecahan masalah.

Tipe tata letak yang akan digunakan dalam suatu perusahaan bisa merupakan salah satu dari tipe *job shop*, *flow shop* dan *group technology* atau bisa juga menggunakan pendekatan untuk ketiga tipe tersebut. Hal ini tergantung daripada karakteristik dan kondisi yang ada dalam perusahaan. Di P.T. Gelora Djaja, yang digunakan adalah tipe *flow shop*.

Perusahaan yang berkarakteristik *flow shop* adalah perusahaan yang urutan proses produksinya relatif tetap atau tidak berubah, karena produk yang dihasilkan digunakan untuk memenuhi pangsa pasar, sehingga tidak membutuhkan banyak variasi dalam produksinya. Perusahaan berkarakteristik *flow shop* biasanya mempunyai inventori besar untuk barang jadi. Proses produksi biasanya menggunakan langkah operasi yang sama dan berlangsung dalam posisi tetap selama proses produksi berlangsung. Pabrik yang tidak menghendaki fleksibilitas dalam memenuhi keinginan atau *order* konsumen untuk berbagai macam bentuk rancangan dasar produk, mengaplikasikan tipe pengaturan *flow shop*.

Perusahaan yang berkarakteristik *job shop* adalah perusahaan yang menghendaki fleksibilitas dalam memenuhi keinginan konsumennya. Jadi proses-proses yang ada di dalam pabrik pun disesuaikan dengan keinginan konsumen. Informasi urutan proses, prioritas pesanan, waktu yang dibutuhkan untuk setiap *job*, kapasitas stasiun kerja pada *job shop* harus detail untuk mengatur tata letak yang sesuai.

Tata letak tipe *group technology* didasarkan pada pengelompokan produk atau komponen yang dibuat. Produk-produk yang tidak sama akan

dikelompokkan berdasarkan langkah-langkah pemrosesan, bentuk, mesin, atau fasilitas produksi. Setiap kelompok produk akan memiliki langkah-langkah pengerjaan yang sama atau hampir sama sehingga menghasilkan tingkat efisiensi yang tinggi dalam proses produksinya.

1.1 Perancangan Peta Operasi (*Operation Process Chart / OPC*)

Peta proses operasi atau yang dikenal sebagai *operation process chart* akan mendeskripsikan langkah-langkah secara kronologis dari semua operasi inspeksi, waktu longgar, dan bahan baku yang digunakan di dalam suatu proses manufakturing, yaitu mulai datangnya bahan baku sampai ke proses pengemasan dari produk yang dihasilkan. Peta ini melukiskan peta operasi dari seluruh komponen-komponen dan *sub assemblies* sampai menuju *main assembly*.

Untuk membuat *operation process chart* maka disini digunakan dua simbol, yaitu lingkaran kecil yang menunjukkan aktivitas operasi dan simbol persegi yang menunjukkan aktivitas inspeksi. Pada pembuatan peta proses ini garis vertikal menggambarkan aliran umum dari proses yang dilaksanakan, sedangkan garis horisontal yang menuju ke arah garis vertikal, menunjukkan adanya material yang akan bergabung dengan komponen yang akan dibuat. Manfaat peta proses operasi adalah sebagai berikut:

- Data kebutuhan jenis proses operasi, macam dan spesifikasi mesin atau fasilitas produksi lainnya, serta urutan prosesnya.
- Data kebutuhan bahan baku dengan memperhitungkan efisiensi pada setiap elemen operasi kerja atas inspeksi.
- Pola tata letak fasilitas operasi dan aliran pemindahan bahannya.

- Alternatif-alternatif perbaikan prosedur dan tata kerja yang sedang dipakai.

Peta proses operasi pada dasarnya dirancang untuk memberikan pemahaman yang cepat dari kegiatan operasi yang harus diselenggarakan untuk membuat sebuah produk. Peta proses operasi tersebut juga memungkinkan untuk mempelajari semua operasi dan inspeksi yang diperlukan sehingga langkah urutan kerja dapat disusun secara logis.

1.2 From To Chart

From to Chart yang kadang disebut pula sebagai *trip frequency chart* atau *travel chart*, adalah salah satu teknik konvensional yang umum digunakan untuk perencanaan tata letak pabrik dan pemindahan bahan dalam suatu proses produksi. Teknik ini sangat berguna untuk kondisi-kondisi dimana banyak produk yang mengalir melalui suatu area seperti *job shop*, bengkel permesinan, kantor dan lain-lain. Angka-angka yang terdapat dalam suatu *from to chart* akan menunjukkan beberapa ukuran yang perlu diketahui untuk dianalisa, antara lain seperti jumlah total dari berat beban yang harus dipindahkan, jarak perpindahan bahan, volume, dan faktor-faktor lain.

Berikut prosedur yang harus dilakukan untuk penerapan metode *from to chart* guna menganalisa aliran bahan dan tata letak pabrik, yaitu:

- Mengumpulkan data *volume of material handling* dan langkah-langkah yang harus dilalui untuk proses produksi dari suatu produk atau kelompok produk.

- Berdasarkan data tersebut dibuatlah *travel chart* berdasarkan ukuran *handling volume*, dengan satu asumsi bahwa jarak perpindahan bahan disini untuk sementara adalah sama. Dari sini kemudian ditentukan -urutan pengaturan departemen sebaik-baiknya dengan cara menyusun model matriks.
- Membuat tata letak pabrik secara awal dengan memakai dasar *volume travel chart* yang sebaik-baiknya. Kita mengatur tata letak departement berdasarkan hasil analisa *travel chart* yang memberikan gerakan perpindahan bolak balik yang paling minimal.
- Membuat suatu *distance volume chart* dari *preliminary lay out* yang ditetapkan tersebut. Disini yang dimaksud dengan jarak atau *distance* adalah jarak antara individual mesin atau departemen yang satu dengan individual mesin atau departemen yang lain.
- Meninjau titik-titik kritis pada *volume distance chart* dan penyimpangan dari *basic flow path*.

1.3 Activity Relationship Chart

Aliran bahan diukur secara kualitatif dengan menggunakan tolok ukur derajat kedekatan hubungan antara satu fasilitas dengan lainnya. Nilai-nilai yang menunjukkan derajat hubungan dicatat sekaligus dengan alasan-alasan yang mendasari dalam sebuah peta hubungan aktivitas. Langkah-langkah dalam penentuan ARC ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi semua departemen yang akan diatur tata letaknya.
2. Mendefinisikan kriteria hubungan antar departemen yang akan diatur letaknya.

3. Membuat peta tata letak departemen dengan menilai hubungan aktivitas.
4. Melakukan perbaikan yang dianggap perlu untuk mendapatkan tata letak pabrik yang optimal. Berikut simbol-simbol yang digunakan dalam peta hubungan antar bagian (*Sritomo Wignjosoebroio, Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan Edisi 2, 1992, hal 155*):

Tabel 2.1

Simbol-simbol yang Digunakan dalam Peta ARC

Kode	Keterangan	Nilai
A	Mutlak didekatkan	10
E	Sangat penting untuk didekatkan	5
I	Penting untuk didekatkan	2
O	Cukup atau biasa	1
U	Tidak penting	0
X	Tidak dikehendaki didekatkan	-10

Peta hubungan aktivitas atau *activity relationship chart* adalah suatu cara atau teknik yang sederhana didalam merencanakan tata letak fasilitas atau departemen berdasarkan derajat hubungan aktivitas yang sering dinyatakan dalam penilaian kualitatif dan cenderung berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang bersifat subyektif dari masing-masing fasilitas atau departemen.

Peta hubungan aktivitas ini pada dasarnya hampir sama dengan *from to chart*, hanya saja analisisnya lebih bersifat kualitatif. Jika dalam *from to chart* analisa dilaksanakan berdasarkan angka-angka berat atau volume dan jarak perpindahan bahan dari satu departemen ke departemen yang lain, maka *activity relationship chart* ini menggantikan kedua hal tersebut dengan kode-kode huruf yang akan menunjukkan derajat hubungan aktivitas secara

kualitatif dan juga kode angka yang akan menjelaskan alasan untuk pemilihan kode huruf tersebut.

Activity relationship chart sangat berguna untuk perencanaan dan analisa hubungan aktivitas antar masing-masing departemen. Sebagai hasilnya maka data yang didapat selanjutnya akan dimanfaatkan untuk penentuan letak masing-masing departemen tersebut, yaitu lewat apa yang disebut dengan *activity relationship diagram*. Diagram ini menjelaskan mengenai hubungan pola aliran bahan dan lokasi dari masing-masing departemen penunjang terhadap departemen penunjang terhadap departemen produksinya.

1.4 Prinsip Evaluasi Sistem Pemindahan Bahan

Pemindahan bahan merupakan aktivitas yang "nonproduktif" sebab tidak memberikan nilai perubahan apa-apa terhadap material atau bahan yang dipindahkan. Tidak terjadi perubahan bentuk, dimensi, sifat-sifat fisik ataupun kimia pada material yang dipindahkan. Kegiatan pemindahan bahan atau material justru dapat menambah biaya. Karena pemindahan bahan pada dasarnya membutuhkan biaya yang besar tetapi tidak memberikan nilai tambah kepada material produk yang dipindahkan, aktivitas pemindahan bahan sedapat-dapatnya dieliminasi untuk menekan biaya pemindahan bahan. Pengeliminasian perpindahan bahan ini dilakukan dengan cara mengatur tata letak fasilitas produksi atau departemen yang ada agar jarak perpindahan bahan bisa diminimalisasi.

Dalam mengevaluasi sistem pemindahan bahan yang sudah ada, harus dipertimbangkan beberapa aturan dasar yang prinsipal sebagai berikut.

- Pemindahan bahan yang tidak begitu penting sebaiknya dihindari melalui penghapusan atau penggabungan operasi pemindahan bahan dengan mempertimbangkan kemungkinan gerakan bersama antara pekerja dan material.
- Penempatan mesin dan peralatan produksi lainnya direncanakan sedemikian rupa sehingga jarak antaroperasi sependek-pendeknya dan gerakan bolak-balik (*back tracking*) sedapat-dapatnya dihindari.
- Peralatan pemindahan bahan yang dibutuhkan, dipilih secara seksama dan cermat baik dari segi teknis maupun segi ekonomis.
- Peralatan pemindahan bahan digunakan secara efektif dan efisien.
- Bahan dipindahkan dalam volume, kuantitas, atau unit material yang sebesar-besarnya daripada memecah-mecahnya dalam unit-unit yang kecil karena cara ini tidak efisien.
- Material sedapat-dapatnya dipindah melalui lintasan yang lurus dan pendek.
- Aktivitas-aktivitas pemindahan bahan sedapat-dapatnya dikelompokkan, dikombinasikan, dan dieliminasi.
- Sebaiknya, operator yang berpindah daripada materialnya.

1.5 Algoritma *Blocplan*

Algoritma adalah prosedur untuk menemukan penyelesaian terhadap suatu model tahap demi tahap, yang terangkum dalam beberapa langkah penyelesaian tertentu.

Model adalah alat untuk membantu mengetahui deskripsi masalah yang sedang dihadapi. Sifat model sendiri sederhana dan mudah dipahami.

Manfaatnya ialah untuk membantu mengetahui hal-hal apa saja yang menjadi pertimbangan dalam pembangunan suatu *layout*.

Algoritma *blocplan* termasuk *hybrid algorithm*, yang merupakan hasil konstruksi dan pengembangan dari algoritma yang telah ada. Algoritma ini dikembangkan oleh Donaghey dan Pire pada tahun 1991 dan bertujuan untuk mengatasi *single story* dan *multistory layout*.

Algoritma *blocplan* ini menggunakan algoritma *heuristic*, yaitu algoritma yang menyelesaikan suatu masalah dengan menggunakan cara pendekatan dengan menggunakan teori pencarian, dalam menyelesaikan *layout problem*.

Algoritma *blocplan* dapat menggunakan data kualitatif dan data kuantitatif dalam menyelesaikan problem *layout*.

Pengguna dapat menyediakan aliran data melalui 3 macam cara, yaitu:

1. Secara kualitatif dengan membentuk diagram hubungan (ARC)
2. Secara kuantitatif dalam bentuk *flow matrix*
3. Melalui pemberian informasi tentang tipe dan jumlah produk yang akan dibuat beserta *rule* produksi tiap produk.

Jika dua pilihan terakhir yang dipakai oleh pengguna, maka *blocplan* akan mengubah *flow matrix* menjadi diagram hubungan (ARC) yang setara. Hal ini dilakukan dengan cara membagi elemen dari *flow matrix* yang terbesar dengan angka 5 sehingga membentuk :

- A → Elemen diantara ($0,8 \times \text{max flow}$) sampai dengan $1 \times \text{max flow}$
- E → Elemen diantara ($0,6 \times \text{max flow}$) sampai dengan $0,8 \times \text{max flow}$
- I → Elemen diantara ($0,4 \times \text{max flow}$) sampai dengan $0,6 \times \text{max flow}$
- O → Elemen diantara ($0,2 \times \text{max flow}$) sampai dengan $0,4 \times \text{max flow}$

- U -^ Elemen diantara (0) sampai dengan $0,2 \times \text{maxflow}$

Contoh : Jika maksimum *flow* pada *matrix* sebesar 400, maka hubungan yang terbentuk berdasarkan range seperti di bawah ini:

Tabel 2.2

Contoh pengaturan/row *ma(rix)*

Nilai aliran antara fasilitas i dan j	Indikator hubungan anantara fasilitas i dan j
321-400	A
241-320	E
161-240	I
81-160	O
0-80	U

Blocplan dapat mengembangkan *layout* melalui:

- *Randomly* menggunakan *construction algorithm*
- Menggunakan *improvement algorithm*
- Menggunakan *automatic search algorithm*

Random layout algorithm menghasilkan *layout* tanpa mempertimbangkan flow atau interaksi antar departemen.

Improvement algorithm membutuhkan minimal satu *initial layout*, karena dari satu *initial layout* inilah dilakukan perubahan-perubahan.

Automatic search algorithm menghasilkan *layout* secara random menggunakan *random layout algorithm* dan menggunakan *improvement algorithm* untuk mengubah atau memperbaikinya.

Pertukaran-pertukaran letak fasilitas-fasilitas teras dilakukan sehingga tercapai *layout* yang lebih baik, tetapi jumlah iterasi terbatas yaitu maksimal

18. Automatic Search Algorithm ~ 2 OPTAlgorithm

Untuk menganalisa *layout* yang dihasilkan, *blocplan* menghitung:

- *Adjacency score*

$$\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij} D_{ij}}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij}} \dots\dots\dots (2,1)$$

- *Relationship distance score*

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n d_{ij} R_{ij} \dots\dots\dots (2,2)$$

- *Normalized relationship distance score (R-score)*

$$\frac{1 - (\text{relationship distance score} - \text{lower bound})}{(\text{upper bound} - \text{lower bound})} \dots\dots\dots (2,3)$$

dimana:

$D_{ij} \sim 1$ jika fasilitas i dan j pada lantai yang sama

$D_{ij} = 0$ selain diatas

R_{ij} = nilai numerik yang menunjukkan nilai hubungan fasilitas i dan j

D_{ij} = jarak *rectilinear* antara pusat fasilitas i dan j

R-score yang mendekati menunjukkan bahwa *laynut* tersebut optimal.

Sebaliknya *R-score* yang mendekati 0 menunjukkan bahwa layout tersebut tidak optimal.

1.6 Pengaturan Jarak Antar Mesin

Jarak antar mesin merupakan hal yang tidak boleh dilupakam dalam pengaturan kembali tata letak fasilitas suatu pabrik. Jarak antar mesin yang

baik akan memperaiudah aliran material sehingga waktu perpindahan pun bisa diminimalisasi.

Dalatrn menentukan jarak antar mesin kita harus berhati-hati, jangan sampai jarak antar mesin terlalu sempit atau terlalu lebar. Jika jarak antar mesin terlalu sempit, aliran material akan terganggu karena mungkin fasilitas yang membawa barang sulit masuk di antara mesin-mesin. Sebaliknya jika terlalu lebar, wakiu perpindahan material akan semakin besar dan tidak efektif.

2. PEMODELAN SISTEM

2.1 Sistem

Sistem adalah sekumpulan objek yang saling bergantung dan berinteraksi satu sama lain secara bersama-sama untuk mencapai suatu atau beberapa tujuan tertentu (*Schmidt and Taylor, 1970*) Contoh dari sistem antara lain proses perbankan, pengaturan kereta api di stasiun, pengaturan persediaan dalam sebuah gudang, proses produksi, dan lain-lain. Tiga hal yang terpenting dari sebuah sistem adalah interaksi, komponen, dan tujuan.

Komponen-komponen dari sistem meliputi:

- Entiti, yaitu objek sistem yang diamati atau menjadi pusat perhatian.
- Atribut, yaitu sifat-sifat yang dimiliki oleh entiti
- Kejadian, yaitu peristiwa sesaat yang dapat mengubah variabel status sistem.

- Aktivitas, yaitu proses yang menyebabkan perubahan dalam sistem yang dapat mengubah atribut bahkan entiti. Atribut menyatakan suatu periode waktu dengan panjang tertentu.
- Status, yaitu keadaan entiti dan aktivitas pada saat-saat tertentu atau kumpulan variabel yang penting untuk menggambarkan sistem pada suatu waktu.
- *Endogenous*, yaitu aktivitas dan kejadian yang berada dalam sistem.
- *Exogenous*, yaitu aktivitas dan kejadian yang berada di luar sistem.

Karakteristik sistem:

1. Perilaku sasaran

Setiap sistem berusaha mencapai satu sasaran atau lebih sehingga tujuan menjadi pendorong sistem itu untuk mencapai tujuan tertentu.

2. Keseluruhan

Faktor-faktor penentu merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat direduksi lagi.

3. Keterbukaan

Sistem mempunyai sifat terbuka terhadap pengaruh lingkungan dimana sumber dan pemakai nilai-nilai yang dihasilkan sistem tersebut berada.

4. Transformasi

Transformasi atau perubahan berkaitan erat dengan siklus *input-proses-output*, artinya bahwa suatu sistem mempunyai kemampuan untuk mengubah nilai status sumber daya (*input*) menjadi keluaran (*output*) melalui proses transformasi untuk mencapai sasarannya.

5. Keterhubungan

Keterhubungan mencakup interaksi internal dan ketergantungan antar bagian-bagian atau elemen-elemen pembentuk sistem dan interaksi sistem dengan lingkungannya.

6. Mekanisme Kontrol

Mekanisme kontrol atau pengendalian merupakan proses pengaturan yang digunakan sistem untuk mengoreksi setiap penyimpangan yang terjadi baik akibat interaksi internal maupun pengaruh lingkungannya.

Contoh sistem dan komponennya:

Tabel 2.3
Sistem dan Komponennya

Sistem	Entiti	Atribut	Aktivitas	Kejadian
Bank	Pelanggan	Status pelanggan, jenis Rekening	Transaksi	Kedatangan, Kepergian
Kereta cepat	Penumpang	Asal, tujuan	Perjalanan	Tiba di stasiun, tiba di tujuan
Produksi	Mesin	Kecepatan, kapasitas, tingkat kerusakan	Proses permesinan	Kerusakan mesin
Persediaan	Gudang	Kapasitas	Proses penyimpanan atau pengambilan	Tingkat persediaan, <i>backorder</i>

2.2 Model

Model merupakan suatu perwakilan dari suatu sistem yang dibuat untuk tujuan tertentu.

Sifat-sifat model antara lain:

- Sederhana.
- Mudah dimengerti.
- Menggambarkan kondisi aslinya.

Terdapat dua jenis model yaitu:

- Model fisik, contoh prototip suatu produk, miniatur.
- Model Matematis (*mathematical model*)

Dari model matematis yang dibuat, ada dua macam solusi, yaitu solusi analitik dan solusi numerik. Performance suatu sistem dapat dianalisa dengan menggunakan model matematik dan simulasi.

Perbedaan antara penyelesaian dengan model analitik dan model simulasi adalah:

Tabel 2.4

Model Analitik dan Model Simulasi

No	Modell analitik	Model simulasi
1.	Sistem yang dimodelkan sederhana.	Sistem yang dimodelkan lebih kompleks.
2.	Hasil yang dicapai optimal.	Hasil yang dicapai belum tentu optimal dan sifatnya <i>Trial and Error</i> (coba-coba)
	Kurang memuat dinamika	Mampu menjelaskan dinamikan proses.

2.3 Simulasi

Simulasi adalah pendekatan bentuk perwakilan dari semua operasi yang terjadi di dunia nyata atau sistem yang ada. Dengan melakukan simulasi, kita bisa mengira-ngira seperti apa keadaan yang sebenarnya di dunia nyata, oleh sebab itu simulasi dinilai membawa banyak sekali keuntungan, khususnya di dunia industri.

Simulasi dapat digunakan untuk berbagai tujuan, antara lain sebagai berikut:

- Dengan simulasi, sistem-sistem yang kompleks dapat dipelajari dan diteliti, bahkan dijadikan percobaan.
- Aliran informasi, struktur organisasi, dan perubahan pada lingkungan dapat disimulasikan sehingga dapat dilakukan pengamatan terhadap efek pada ketiga hal tersebut.
- Dengan melakukan simulasi, kita dapat memberi masukan-masukan demi kemajuan sistem yang sudah ada.
- Dengan melakukan simulasi, dapat diketahui hubungan variabel-variabel yang ada dalam suatu sistem.
- Dengan simulasi, dapat dilakukan percobaan terhadap *design* dan kebijakan baru dalam suatu sistem. Dari situ dapat diketahui apakah percobaan, ataupun kebijakan baru yang akan ditetapkan dalam suatu sistem benar-benar membawa keuntungan atau tidak.
- Simulasi dapat memberi tahu dan membuktikan sejauh mana dampak yang diberikan oleh suatu solusi terhadap suatu sistem yang ada.

keunggulan dari simulasi antara lain:

- Pada umumnya sistem yang ada di dunia nyata bersifat kompleks dengan elemen-elemen stokastik yang tidak bisa digambarkan dengan menggunakan model matematika secara akurat.
- Memungkinkan seseorang memperkirakan *performance* sistem di bawah beberapa kondisi operasi.
- Kendali terhadap kondisi eksperimen bisa lebih dijaga dibandingkan jika eksperimen pada sistem nyata.
- Simulasi memungkinkan untuk mempelajari sistem yang berjangka panjang dalam waktu yang relatif singkat.

Kelemahan dari simulasi antara lain:

- Setiap dijalankan, model simulasi stokastik hanya menghasilkan perkiraan *output* untuk sekumpulan parameter *input* itu saja, karena itu replikasi diperlukan.
- Model simulasi memerlukan waktu yang cukup lama dan biaya yang besar untuk membuatnya.

2.4 Independensi Data

Untuk mengetahui ada atau tidaknya saling ketergantungan antara satu data dengan data yang lain dalam satu kumpulan data yang sama, dilakukanlah suatu pengujian yang disebut dengan independensi data.

Dalam simulasi, data yang diambil dan diolah harus *independent*, dalam arti tidak ada saling ketergantungan antar data dalam satu kumpulan

data. Teknik-teknik simulasi yang digunakan tidak valid jika data yang diambil tidak *independent*.

Suatu data dikatakan independen terhadap data yang lain jika *scatter diagram* antara X_t dan X_{t+1} menunjukkan pola data yang acak. (Averill M. Law, W. David Kelton, *Simulation Modeling and Analysis second edition*, 1992, hal 353)

Scatter diagram digunakan dalam *independent test* dengan bantuan *Minitab for Windows versi 11 atau 13*. Dengan mengamati pola yang dihasilkan oleh *software Minilab for Windows versi 11 atau 13* antara X_t dengan X_{t+1} . Data dikatakan *independent* jika titik-titik dalam diagram tersebar secara acak.

2.5 Dislribution Fitting (Pendugaan Keluarga Distribusi)

Untuk mengetahui pola dari data yang diperoleh, maka dilakukan *dislribution fitting* atau pendugaan keluarga distribusi dengan uji *Chi Square* atau *Klomogorov-Smirnov*.

Untuk menentukan uji mana yang digunakan, dilihat dari nilai *expected frekuensi* atau nilai $n \times P_j$ (Averill M. Law, W. David Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, 1991, chapter 6) n adalah jumlah data, sedangkan P_j adalah probabilitas sebuah data masuk ke kelas interval tertentu. Apabila nilai dari *expected frekuensi* > 5 , maka disarankan menggunakan uji *Chi Square*, jika nilai dari *expected frekuensi* < 5 , maka disarankan untuk menggunakan uji *Kolmogorov-Smimov*.

Bila menggunakan uji *Chi Square*, lakukan perbandingan antara nilai P-Value dengan α . Apabila nilai P-Value $< \alpha$ maka tolak H_0 dan begitu juga sebaliknya, dengan asumsi sebagai berikut:

H_0 : data = distribusi tertentu

H_1 : data $\neq$ distribusi tertentu

Bila menggunakan uji Kolmogorov Smirnov, kita harus terlebih dulu mencari nilai D_n *modified* yang akan dibandingkan dengan nilai *critical value*

$C_{1-\alpha}$

Metode uji *Kolmogorov Smirnov* untuk saat ini dapat digunakan untuk melakukan estimasi pada distribusi normal, *lognormal*, *Weibull*, dan Exponensial. Rumus perhitungan D_n *modified* untuk keempat distribusi beserta tabel *critical value* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.5

Modified Critical Value For Adjusted K-S

Case	Adjusted test statistic	1- α				
		0.85	0.9	0.95	0.975	0.99
All Parameters known	$(\sqrt{n} + 0.12 + \frac{0.11}{\sqrt{n}})Dn$	1.138	1.224	1.358	1.48	1.625
$N(\bar{X}(n), S^2(n))$	$(\sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}})Dn$	0.775	0.819	0.895	0.955	1.035
$\text{exp}o(\bar{X}(n))$	$(Dn - \frac{0.2}{n})(\sqrt{n} + 0.26 + \frac{0.5}{\sqrt{n}})$	0.926	0.99	1.094	1.19	1.305

Tabel 2.6

Modified Critical Value For The K-S Testfor The Weibull Distribution

	1-a			
N	0.9	0.95	0.975	0.99
10	0.76	0.819	0.88	0.944
20	0.779	0.843	0.907	0.973
50	0.79	0.856	0.922	0.988
X	0.803	0.874	0.939	1.007

2.6 Verifikasi

Verifikasi dikatakan berhasil jika suatu program bisa dijalankan dengan baik dengan memperhatikan urutan proses sehingga dapat dikatakan bahwa model yang dibangun sudah benar.

2.1 Steady Slaie

Suatu sistem dalam rantai produksi dikatakan dalam keadaan stabil (*steady stale*) apabila produksi hari ini masih dipengaruhi oleh produksi hari kemarin. Sebelum suatu sistem dalam model mencapai suatu keadaan yang stabil, maka harus diketahui terlebih dahulu *warm-up fime-nya* (masa pemanasan untuk mencapai kondisi stabil).

Untuk mengetahui apakah simulasi tersebut dikatakan sudah memasuki kondisi stabil atau belum adalah dengan membuat plot jumlah *outpui* dalam jangka waktu tertentu. Dari hasil plot tersebut dapat diketahui berapa lama *warm up time* yang dibutuhkan agar sistem bisa dikatakan stabil.

Data yang diambil untuk dianalisa selanjutnya harus menggunakan data yang berasal dari simulasi proses dalam keadaan stabil (*steady slale*) ini.

2.8 Replikasi

Replikasi digunakan untuk mengetahui taksiran nilai rata-rata proses setelah *steady state* dengan menjalankan program yang dibuat selatna beberapa kali. Hal ini tergantung dari selang kepercayaan, *standard deviasi*, dan batas *error* dan replikasi awal yang dilakukan.

Jumlah replikasi berbanding terbalik dengan selang kepercayaan. Semakin besar replikasi, maka selang kepercayaan akan semakin pendek, begitu juga sebaliknya.

Untuk mengetahui berapa jumlah replikasi yang harus dilakukan, maka setelah replikasi awal dijalankan, digunakanlah rumus ini (Jerry Banks, *Discrete Event System Simulation*, hal 491):

$$R \geq [(t_{\alpha/2, R_0-1} * S) / e]^2 \dots\dots\dots (2,4)$$

R_0 = jumlah replikasi awal yang dilakukan

R = jumlah replikasi yang diperlukan

S = standar deviasi dari replikasi awal yang telah dilakukan.

e = batas error.

Jika ternyata replikasi sesungguhnya yang diperlukan lebih besar daripada replikasi awal maka program dijalankan beberapa kali lagi sesuai dengan jumlah replikasi yang seharusnya diperlukan, kemudian dihitung lagi dengan rumus untuk meyakinkan jumlah replikasinya cukup.

2.9 Validasi

Validasi adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dibangun sudah mendekati kenyataan yang sesungguhnya atau belum. Validasi dilakukan dengan menggunakan bantuan software *Minitab*

for Windows versi 11 atau 13 dengan uji *2-sample t-test* untuk membandingkan kinerja perusahaan yang akan diukur antara model yang dibangun dengan kenyataan.

Suatu model dikatakan *valid* atau sesuai dengan kenyataan jika *output* model memiliki rata-rata yang sama secara signifikan dengan *output* nyata.