

## BAB 3

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Definisi Tata Letak

Menurut Apple (1990) tata letak pabrik merupakan suatu susunan fasilitas fisik yang terdiri atas perlengkapan, tanaga, bangunan, dan sarana lain yang harus mempunyai tujuan mengoptimalkan hubungan antara petugas pelaksana, aliran barang, aliran informasi dan tata cara yang diperlukan untuk mencapai tujuan secara efektif, efisien, ekonomis, dan aman.

Menurut Meyers (1993) *manufacturing facilities design is the organization of the company's physical facilities to promote the efficient use of the company's resource such as people, equipment, material and energy.* Dengan kata lain tata letak pabrik merupakan pengorganisasian fasiltas-fasilitas fisik perusahaan untuk menghasilkan efisiensi penggunaan sumber daya perusahaan seperti orang, peralatan, material dan energi.

Perencanaan fasilitas meliputi penentuan lokasi sistem manufaktur dan perencanaan fasilitas yang mencakup perancangan terhadap sistem fasilitas, perancangan tata letak dan perancangan sistem penanganan bahan yang diperlukan untuk aktifitas produksi.

### **3.2. Arti Penting Perencanaan Fasilitas Manufaktur**

Menurut Apple (1990) konsep pentingnya perencanaan fasilitas adalah:

- a. Susunan perencanaan efisien bagi aliran material adalah persyaratan bagi produksi yang ekonomis.
- b. Pola aliran material menjadi dasar bagi penyusunan fasilitas fisik yang efektif.
- c. Pemindahan barang merupakan pola aliran statis kedalam suatu kenyataan cerdas, yang memberikan cara bagaimana material dipindahkan.
- d. Susunan fasilitas yang baik disekitar pola aliran material dapat menghasilkan pelaksanaan berbagai proses yang berkaitan secara efisien.
- e. Penyelesaian proses yang baik dapat meminimumkan biaya produksi.
- f. Biaya produksi minimum dapat memberikan keuntungan maksimal.

Menurut Meyers (1993) tata letak manufaktur dirancang sedemikian rupa sehingga dapat:

- a. Memungkinkan terjadinya aliran material yang lancar dan efisien.
- b. Meminimasi ongkos pemindahan material.
- c. Memberikan pemanfaatan yang efektif pada tenaga kerja, peralatan, ruang dan energi.
- d. Memberikan kenyamanan dan keselamatan.

### **3.3. Tujuan Perancangan Tata Letak**

Menurut Apple (1990) tujuan perancangan tata letak adalah:

- a. Memudahkan proses manufaktur.
- b. Meminimasi pemindahan material.

- c. Memelihara keluwesan susunan dan operasi.
- d. Memelihara perputaran material setengah jadi yang tinggi.
- e. Menekan modal tertahan pada peralatan.
- f. Menghemat pemakaian ruang bangunan.
- g. Meningkatkan produktifitas tenaga kerja.
- h. Memberikan kemudahan, keselamatan bagi pegawai dan memberi kenyamanan dalam melaksanakan pekerjaan.

Menurut Tompkins (2003) tujuan perancangan tata letak adalah:

- a. Meningkatkan kepuasan pelanggan dengan cara peka terhadap kebutuhan konsumen.
- b. Meningkatkan *Return On Assets (ROA)* dengan cara memaksimalkan pengembalian inventori, meminimasi inventori yang sudah tidak dapat dipakai lagi, memaksimalkan partisipasi pekerja, dan memaksimalkan perbaikan yang berkesinambungan.
- c. Maksimasi kecepatan untuk merespon kebutuhan konsumen.
- d. Mengurangi biaya dan menumbuhkan *supplay chain profitability*.
- e. Mengintegrasikan *supplay chain* melalui *partnership* dan komunikasi.
- f. Mendukung visi organisasi untuk meningkatkan penanganan material, pengendalian material, dan pemeliharaan perusahaan yang baik.
- g. Meningkatkan efisiensi penggunaan orang, peralatan, lokasi dan energi.
- h. Memaksimalkan *Return On Investment (ROI)*.
- i. Memberikan keselamatan bagi pekerja dan kepuasan kerja.

### 3.4. Prinsip Dasar Dari Perencanaan Desain Tata Letak

Menurut Muther (1970), ditinjau dari aspek dasar tujuan dan keuntungan dari suatu tata letak yang terencana dengan baik, maka ada enam dasar prinsip di dalam desain tata letak pabrik.

a. Prinsip integrasi total.

Tata letak pabrik merupakan integrasi total dari seluruh elemen produksi yang menjadi satu unit operasi yang besar.

b. Prinsip jarak perpindahan material yang paling minimal.

Waktu proses perpindahan material antara operasi bisa dikurangi dengan jalan mengurangi jarak perpindahan tersebut, semakin dekat jarak perpindahan maka akan semakin baik.

c. Prinsip aliran dari suatu proses kerja

Desain tata letak pabrik dibuat sebaik mungkin untuk menghindari adanya gerakan balik (*backtracking*), gerakan memotong (*cross-movement*) dan kemacetan (*congestion*), sehingga material bisa terus bergerak antar operasi tanpa perlu adanya hambatan.

d. Prinsip pemanfaatan ruangan

Pergerakan manusia, mesin, material dan peralatan penunjang proses produksi lainnya terjadi dalam suatu ruang produksi yang memiliki tiga dimensi ( $x, y, z$ ) atau memiliki aspek volume (*cubic*) dan tidak hanya aspek luas (*floor space*). Karena itu faktor dimensi ruangan ini perlu dipertimbangkan dalam desain tata letak pabrik.

e. Prinsip kepuasan dan keselamatan kerja

Desain tata letak yang baik dapat menciptakan kenyamanan bagi pekerja sehingga menimbulkan kepuasan kerja dan produktivitas pekerja bisa meningkat. Keselamatan kerja semakin terjamin dengan tata letak pabrik yang dibuat jauh dari sumber bahaya yang bisa membahayakan keselamatan pekerja.

f. Prinsip fleksibilitas

Efektifitas dan efisiensi desain tata letak pabrik bisa tercapai jika tata letak yang ada dibuat fleksibel untuk penyesuaian atau pengaturan kembali (*relayout*) ditengah kondisi ekonomi yang sangat kompleks dan cepat berubah, sehingga tata letak yang baru harus dibuat cepat dan murah.

### **3.5. Proses Perencanaan Fasilitas**

Menurut Tompkins (2003) proses perencanaan fasilitas mengikuti tahapan berikut:

a. Mendefinisikan masalah

1. Definisi atau definisi ulang tujuan fasilitas.
2. Spesifikasi aktifitas utama dan aktifitas pendukung.

Aktifitas utama digunakan untuk mengetahui hal-hal spesifik mengenai operasi, peralatan, personil dan aliran material yang terlibat dan aktifitas pendukung, mendukung aktifitas utama sebagai fungsi untuk minimasi gangguan dan penundaan.

b. Menganalisis masalah

Menentukan hubungan keterikatan antar fasilitas.  
Menetapkan apa dan bagaimana interaksi aktifitas atau bagaimana itu menjadi tidak berkaitan.

c. Menentukan kebutuhan ruang yang dibutuhkan untuk semua aktifitas.

Semua peralatan, material, dan kebutuhan perseorangan harus dipertimbangkan ketika menghitung kebutuhan ruang.

d. Penyusunan rencana fasilitas alternatif.

Penyusunan ini termasuk lokasi fasilitas dan desain alternatif (perancangan tata letak alternatif, perancangan struktur, penanganan material) untuk fasilitas.

e. Evaluasi rencana fasilitas alternatif.

f. Pemilihan rencana fasilitas

Permasalahannya adalah menentukan mana rencana yang akan digunakan jika masing-masing dapat diterima dalam kepuasan pencapaian tujuan organisasi. Biaya bukan satu-satunya pertimbangan besar ketika mengevaluasi alternatif fasilitas.

g. Penerapan desain

1. Penerapan rencana fasilitas

Proses instalasi tata letak terpilih dan mencoba menjalankan fasilitas.

2. Mengatur dan menyesuaikan rencana fasilitas

Fasilitas yang baru mungkin membuat penyesuaian-penyesuaian fasilitas lain.

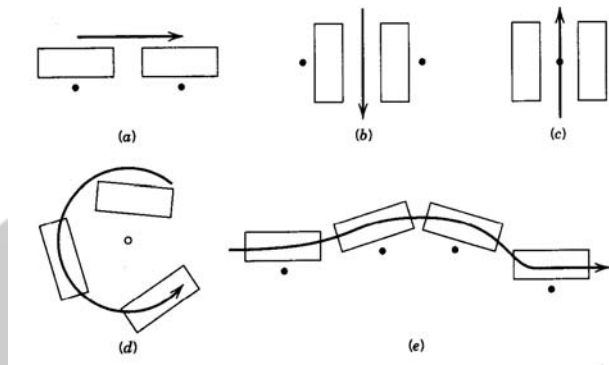
3. Memperbaharui produk yang diproduksi atau dirakit dan mendefinisikan kembali tujuan fasilitas.

### **3.6. Flow, Space dan Activity Relationship**

Dalam merencanakan fasilitas manufaktur, terdapat tiga hal penting yang harus dipertimbangkan yaitu *flow* (aliran), *space* (ruang), dan *activity relationship* (hubungan kegiatan) (Tompkins, 2003). *Flow* tergantung pada *lot size*, *unit load size*, alat penanganan material susunan *layout* dan bentuk bangunan. *Space* adalah fungsi dari *lot size*, sitem penyimpanan, tipe dan ukuran peralatan produksi, susunan *layout*, logitasi bangunan, pemeliharaan perusahaan dan kebijakan perusahaan, peralatan penanganan material, kantor, *cafeteria*, dan tempat istirahat. *Activity relationship* didefinisikan sebagai aliran material atau personil, pertimbangan lingkungan, struktur organisasi, metode peningkatan yang berkesinambungan, pengendalian *issue* dan kebutuhan proses.

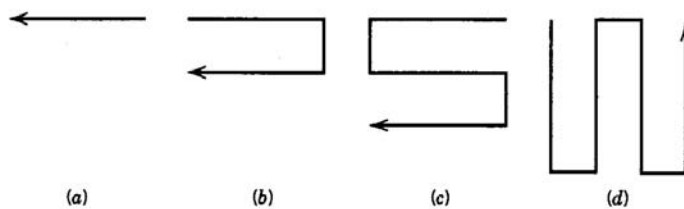
#### **3.6.1. Flow**

*Flow* (aliran) yang dimaksud di sini meliputi aliran material, informasi, dan manusia diantara departemen (Tompkins, 2003). Suatu perencanaan aliran yang efektif meliputi pengkombinasian suatu pola aliran dengan *aisle* yang mencukupi untuk memperoleh pergerakan yang baik dari tempat asal ke tempat yang dituju (Tompkins, 2003). Ada beberapa pola aliran di dalam suatu *product department*. Pola aliran tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Pola Aliran di Dalam Suatu Departemen  
(a) End-to-end. (b) back-to-back. (c) Front-to-front. (d)  
Circular. (e) Odd-angle (Tompkins, 2003)

Selain pola aliran di dalam suatu departemen, aliran antar departemen merupakan kriteria yang sering digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan aliran di dalam fasilitas (Tompkins, 2003). Pola aliran secara umum ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Pola Aliran antar Departemen  
(a) Straight line. (b) U-shape.  
(c) S-shape. (d) W-shape. (Tompkins, 2003)

Perencanaan suatu aliran yang efektif merupakan suatu proses perencanaan yang hirarki (Tompkins, 2003). Ini berarti suatu aliran yang efektif dalam suatu



fasilitas tergantung pada aliran yang efektif antar departemen, dalam suatu departemen, dan dalam suatu stasiun kerja (Tompkins, 2003). Untuk mendapatkan aliran yang efektif, maka prinsip berikut perlu dicapai (Tompkins, 2003):

- a. Maksimalkan aliran langsung
- b. Minimalkan terjadinya aliran
- c. Minimalkan biaya aliran

Prinsip dalam meminimasi biaya akibat dari aliran yang terjadi dapat dilihat dari dua pandangan sebagai berikut (Tompkins, 2003):

- a. Meminimasi penanganan secara manual dengan cara meminimasi kegiatan berjalan, jarak *travel* manual, dan gerakan.
- b. Menghilangkan penanganan secara manual dengan mekanisasi atau otomatisasi suatu aliran, sehingga pekerja dapat secara penuh mengerjakan suatu operasi produktif.

Untuk mengevaluasi suatu alternatif, maka dibutuhkan suatu pengukuran aliran (Tompkins, 2003). Pengukuran aliran dapat digolongkan menjadi dua keadaan yaitu kualitatif dan kuantitatif (Tompkins, 2003).

Pengukuran secara kuantitatif dapat berupa unit/jam, jumlah perpindahan/hari, atau satuan biaya/waktu. Umumnya aliran tersebut ditampilkan berupa *From-To Chart* (Tompkins, 2003). Langkah-langkah penyusunan *From-To Chart* adalah sebagai berikut (Tompkins, 2003):

- a. Tuliskan semua departemen yang dilalui aliran baik pada baris maupun kolom.

- b. Tentukan suatu ukuran aliran dari fasilitas yang secara tepat mengindikasikan besarnya aliran. Jika item yang dialirkan ekuivalen dalam hal kemudahan pemindahannya, maka jumlah perjalanan (*trip*) dapat dituliskan dalam *From-To Chart*. Jika item yang dipindahkan bervariasi dan dipengaruhi oleh *size, weight, value, risk of damage, shape,* dan lain-lain, maka item tersebut dituliskan dalam *From-To Chart* sedemikian rupa sehingga melambangkan hubungan yang benar dengan volume pemindahan.
- c. Berdasarkan lintasan aliran (*flow path*) item yang akan dipindahkan dan ukuran tertentu alirannya, tuliskan besarnya aliran dalam *From-To Chart*.

Pengukuran secara kualitatif dapat dilakukan dengan menggunakan nilai hubungan kedekatan Muther (Tompkins, 2003). Richard Muther mengembangkan suatu metode keterkaitan untuk membantu menentukan kegiatan yang harus diletakkan pada suatu tempat, yaitu dengan menggunakan suatu pengelompokan derajat kedekatan, yang diikuti dengan tanda bagi tiap derajat kedekatan tersebut. Nilai hubungan kedekatan Muther dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Nilai Hubungan Kedekatan Muther (Tompkins, 2003)

<b>Value</b>	<b>Closeness</b>
A	<i>Absolutely necessary</i>
E	<i>Especially important</i>
I	<i>Important</i>
O	<i>Ordinary</i>
U	<i>Unimportant</i>
X	<i>Undesirable</i>

Sandi tersebut digunakan dalam *Activity relationship chart* (ARC) atau peta keterkaitan. ARC adalah suatu metode untuk merencanakan dan menganalisis keterkaitan antara setiap kelompok kegiatan yang saling berkaitan. Peta ini berguna untuk:

- a. Lokasi relatif dari pusat kerja atau departemen dalam satu kantor
- b. Lokasi kegiatan dalam usaha pelayanan
- c. Lokasi pusat kerja dalam operasi perawatan dan perbaikan
- d. Lokasi relatif dari daerah pelayanan dalam satu fasilitas produksi.
- e. Menunjukkan hubungan satu kegiatan dengan yang lainnya serta alasannya
- f. Memperoleh satu landasan bagi penyusunan daerah selanjutnya.

### **3.6.2. Space**

Dalam merencanakan suatu fasilitas kita juga harus menentukan kebutuhan akan ruang yang akan dipakai untuk menempatkan fasilitas tersebut. Barangkali kesulitan utama dalam perencanaan fasilitas adalah menentukan *space* (ruang) yang diperlukan (Tompkins, 2003). Suatu fasilitas biasanya didesain untuk lima sampai sepuluh tahun kedepan (Tompkins, 2003). Keadaan suatu perusahaan akan berubah-ubah karena pengaruh teknologi, perubahan produk, perubahan tingkat permintaan, dan struktur organisasi di masa mendatang. Keadaan-keadaan yang tidak tentu tersebut menyebabkan seorang perancang fasilitas menghadapi kesulitan dalam menentukan *true space requirements* (Tompkins, 2003). Untuk mengatasi

hal tersebut, seorang perancang akan memberikan sejumlah kelonggaran pada suatu *space* (Tompkins, 2003).

Dalam menentukan kebutuhan suatu *space*, seharusnya dikembangkan dari bawah (Tompkins, 2003). Pada industri modern ini, kebutuhan akan *space* cenderung berkurang karena adanya beberapa factor (Tompkins, 2003):

- a. Produk dikirim (*deliver*) sampai *point of use* dengan *lot size* dan ukuran *unit load* yang lebih kecil.
- b. Area untuk *storage*/penyimpanan didesentralisasi dan didekatkan pada *point of use*.
- c. Inventori yang lebih sedikit karena penggunaan sistem "*pull*" dari proses yang berikutnya dengan memakai *kanban*. Ketidakefisienan *internal* dan *eksternal* sudah banyak dikurangi.
- d. Susunan tata letak yang lebih efisien, misalnya dengan sistem *manufacturing cells*.
- e. Ukuran perusahaan yang lebih kecil dengan pabrik yang lebih terfokus, struktur organisasi yang ramping, desentralisasi fungsi, tenaga kerja yang multifungsi, lingkungan dengan tim yang berperformansi tinggi.
- f. Pemakaian bersama kantor dan penggunaan telekomunikasi.

Di dalam suatu *workstation* harus terdapat area untuk peralatan, material, dan personel (Tompkins, 2003). *Space* peralatan untuk suatu *workstation* terdiri dari *space* untuk (Tompkins, 2003):

- a. *Equipment/machine*
- b. *Machine travel*
- c. *Machine maintenance*
- d. *Plant services*

Space untuk material dalam suatu *workstation* terdiri dari *space* untuk (Tompkins, 2003):

- a. *Receiving and storing inbound material*
- b. *In process material*
- c. *Storing outbound materials and shipping*
- d. *Storing and shipping waste and scrap*
- e. *Tools, fixtures, jigs, dies, and maintenance material*

Space pekerja dalam suatu *workstation* terdiri dari *space* untuk (Tompkins, 2003):

- a. Operator
- b. Penanganan material
- c. Jalan masuk dan jalan keluar operator

### **3.6.3. Activity Relationships**

*Activity relationship* (keterhubungan antar aktivitas) menyediakan dasar bagi pengambilan keputusan dalam proses perencanaan fasilitas (Tompkins, 2003). Hubungan-hubungan tersebut meliputi (Tompkins, 2003):

- a. *Organizational relationship*, dipengaruhi oleh struktur hubungan pengendalian dan pelaporan dalam organisasi.
- b. *Flow relationship*, termasuk aliran material, orang, peralatan, informasi, dan uang.
- c. *Control relationship*, termasuk sentralisasi atau desentralisasi kontrol material, *real time* atau *batch inventory control*, *shop floor control*, dan *level of automation and integration*.
- d. *Environmental relationship*, termasuk pertimbangan keselamatan dan temperatur, kebisingan, asap, kelembaban, dan debu.

e. *Process relationship*, seperti *floor loadings*, kebutuhan untuk *water treatment*, proses kimia, dan pelayanan khusus yang lain.

Beberapa hubungan dapat diekspresikan secara kuantitatif, dan yang lainnya secara kualitatif (Tompkins, 2003). *Flow relationship* misalnya, biasanya diekspresikan dalam jumlah pemindahan per jam, jumlah bahan yang dipindahkan per shift, atau jumlah dokumen yang diproses per bulan. Hubungan organisasional biasanya ditunjukkan secara formal dengan bagan struktur organisasi (Tompkins, 2003). Bagaimanapun juga, terdapat hubungan organisasional secara informal dan harus dipertimbangkan dalam menentukan hubungan aktivitas untuk suatu organisasi (Tompkins, 2003). Sebagai contoh, secara formal *quality control* mempunyai hubungan organisasional yang terbatas dengan fungsi *receiving* dalam suatu *warehouse*. Bagaimanapun juga, karena kebutuhan untuk berinteraksi lebih dekat, hubungan organisasional secara informal berkembang diantara dua fungsi tersebut.

### **3.7. Tipe-tipe tata letak dan dasar pemilihannya**

Tata letak manufaktur dibagi menjadi empat tipe (Tompkins, 2003):

a. Tata letak fasilitas berdasarkan aliran produksi (*Production line product* atau *product layout*)

Tata letak produk ini mempunyai beberapa istilah atau terminologi yang serupa yaitu:

1. *Flowline layout*
2. *Production line layout*
3. *Assembly line layout*

#### 4. *Layout by product.*

Secara umum tata letak produk dapat diterapkan pada operasi manufaktur atau non manufaktur. Pada prinsipnya formasi fasilitas tata letak ini adalah mesin disusun dan atau operator sesuai dengan *sequence* (urutan) operasi untuk suatu *given product* atau *service*. Urutan operasi ini mengikuti *product route*. Prinsip pengurutan ini dapat dilihat pada gambar 3.3.

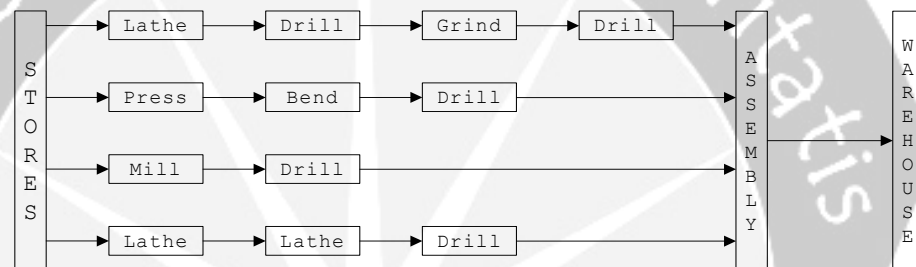


Gambar 3.3. Prinsip Pengurutan *Product Layout*

Beberapa pertimbangan dalam penempatan tata letak berdasarkan aliran produksi adalah:

1. Hanya ada satu atau beberapa standar produk yang dibuat.
2. Produk dibuat dalam jumlah atau volume besar untuk waktu yang cukup lama.
3. Adanya kemungkinan untuk mempelajari studi gerakan dan waktu, guna menentukan laju produksi persatuan waktu.
4. Adanya keseimbangan lintasan (*line balancing*) yang baik antar operator dan peralatan produksi. Setiap mesin diharapkan menghasilkan jumlah produk persatuan waktu yang sama.
5. Memerlukan aktivitas inspeksi yang sedikit selama proses produksi berlangsung.
6. Suatu mesin hanya digunakan untuk melaksanakan satu macam operasi kerja dari jenis komponen yang serupa.

7. Aktivitas pemindahan material dari suatu stasiun kerja mekanis, umumnya dengan menggunakan conveyor.
8. Mesin-mesin yang berat dan memerlukan perawatan khusus jarang sekali digunakan dalam hal ini.
9. Mesin produksi biasanya dipilih tipe *special purpose* dan tidak memerlukan *skill operator* yang tinggi.

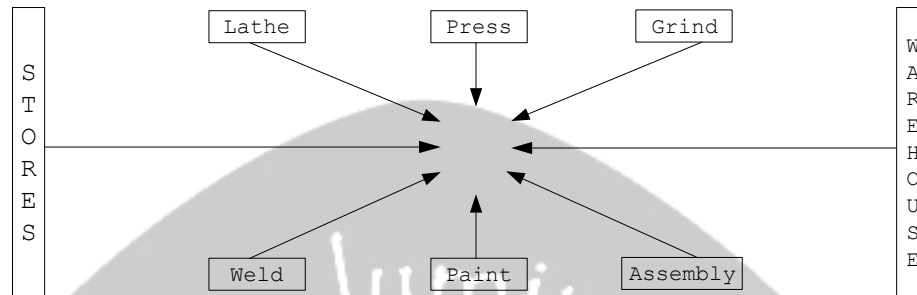


Gambar 3.4. Production Line Product/Product Layout (Tompkins, 2003)

b. Tata letak fasilitas berdasarkan lokasi material tetap (*Fixed material location layout* atau *fixed position layout*).

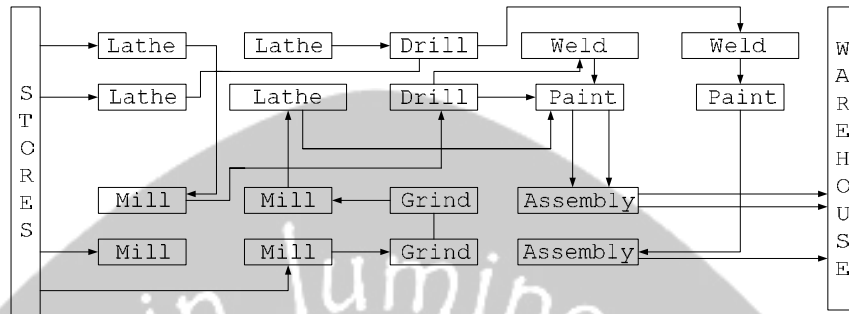
Pada tipe ini, material atau komponen produk utama akan tetap pada posisi atau lokasinya, sedangkan fasilitas produksi seperti *tool*, mesin, manusia serta komponen-komponen kecil lainnya akan bergerak menuju lokasi material utama tersebut. Kebanyakan peralatan kerja dijumpai di sini adalah peralatan yang cukup mudah dipindahkan.





Gambar 3.5. Fixed Material Location Layout  
(Tompkins, 2003)

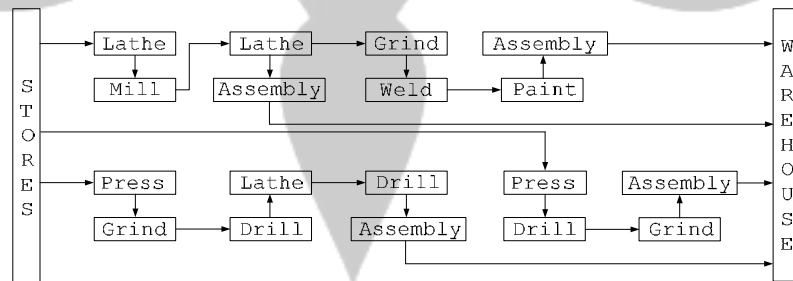
- c. Tata letak fasilitas berdasarkan fungsi atau macam proses (*Functional* atau *process layout*). Pertimbangan yang harus diperhitungkan dalam menentukan tata letak jenis ini adalah:
- a. Produk dari banyak tipe atau model yang khusus.
  - b. Volume produksi dalam jumlah kecil dan dalam jangka waktu yang relatif singkat.
  - c. Aktivitas *motion and time study* sulit sekali dilaksanakan karena jenis pekerjaan berubah-ubah. Sulit sekali untuk mengatur keseimbangan kerja antara operator dan mesin.
  - d. Memerlukan pengawasan yang banyak selama langkah-langkah operasi sedang berlangsung.
  - e. Satu tipe mesin dapat melaksanakan lebih dari satu macam operasi kerja, untuk itu mesin umumnya dipilih *general purpose*.
  - f. Material dan produk terlalu berat dan sulit untuk dipindah-pindahkan.
  - g. Banyak memakai peralatan berat dan memerlukan perawatan khusus.



Gambar 3.6. *Functional atau Process Layout*  
(Tompkins, 2003)

d. Tata letak fasilitas berdasarkan kelompok produk (*Product family atau group technology layout*).

Pada tipe ini, tata letak berdasarkan atas pengelompokan produk atau komponen yang dibuat. Produk-produk yang identik dikelompokkan berdasarkan langkah pemrosesan, bentuk mesin dan peralatan yang dipakai. Pada tipe *group technology layout* ini mesin-mesin atau fasilitas produksi nantinya akan dikelompokkan dan ditempatkan dalam sebuah "manufacturing cell". Karena disini setiap kelompok produk akan memiliki urutan proses yang sama, maka akan menghasilkan tingkat efisiensi yang tinggi dalam proses manufakturnya.



Gambar 3.7. *Product Family/Group Technology Layout*  
(Tompkins, 2003)

### 3.8. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak

Dalam menyusun suatu tata letak fasilitas produksi perancang harus memperhatikan beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain adalah (Assauri, 1977):

a. Produk yang dihasilkan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Besar dan berat produk. Apabila produk yang dihasilkan besar dan berat, maka akan membutuhkan penanganan material yang khusus, seperti *forklift* atau *conveyor* sehingga membutuhkan ruang gerak yang cukup.
  2. Sifat Produk. Perlu adanya perhatian untuk mengetahui sifat produk yang dihasilkan, sehingga dapat dilakukan penanganan yang lebih tepat.
- b. Urutan proses produksinya. Faktor yang penting diperhatikan terutama untuk *product layout* karena penyusunannya berdasarkan pada urutan produksinya.
- c. Mesin-mesin produksi yang digunakan. Perlu diperhatikan sifat dan berat dari mesin-mesin yang digunakan.
- d. Kebutuhan atau ruangan yang cukup luas. Perlu adanya perhatian terhadap luas ruang produksi. Oleh karena itu diperlukan suatu perhitungan dalam menentukan luas dan area produksi.
- e. *Maintenance dan Replacement*. Mesin harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga kegiatan perawatan mudah dilakukan dan proses *replacement* juga mudah dilakukan.

### 3.9. Perhitungan Jarak

Perhitungan jarak merupakan suatu elemen yang penting dalam perencanaan tata letak suatu fasilitas. Suatu tata letak yang baik akan menghasilkan jarak yang minimum. Pengukuran jarak dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu (Tompkins, 2003):

#### a. *Rectilinear distance*

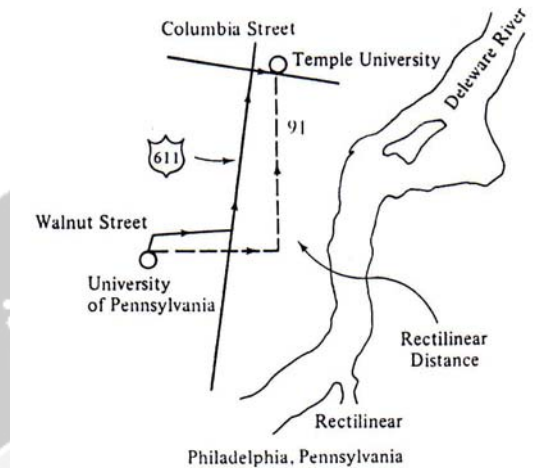
Pada pengukuran ini, jarak diukur sepanjang jalur yang tegak lurus terhadap jalur lainnya. Pengukuran ini dikenal juga sebagai *manhattan distance* karena berdasarkan pada fakta bahwa banyak jalan di kota tersebut tegak lurus atau paralel terhadap yang lain (Tompkins, 2003). Contoh penerapan metode ini adalah material yang dipindahkan mengikuti *aisle* dalam pabrik.

Notasi yang digunakan untuk menghitung jarak dengan metode ini adalah:

- $X = (x, y)$ , menunjukkan lokasi dari fasilitas baru.
- $P = (a_i, b_i)$ , menunjukkan lokasi dari fasilitas ke  $i$  yang telah ada,  $i=1, 2, \dots, m$ .
- $d(X_i, P_i)$ , menunjukkan jarak antara fasilitas baru dengan fasilitas yang telah ada.

Perhitungan jarak dengan metode *rectilinear* ini dapat diukur dengan menjumlahkan selisih absolut dari koordinatnya (Tompkins, 2003):

$$d(X_i, P_i) = |x - a_i| + |y - b_i| \dots \dots (3.1)$$



Gambar 3.7. Contoh Pengukuran dengan Menggunakan *Rectilinear Distance* (Turner, 1993)

b. *Euclidean distance*

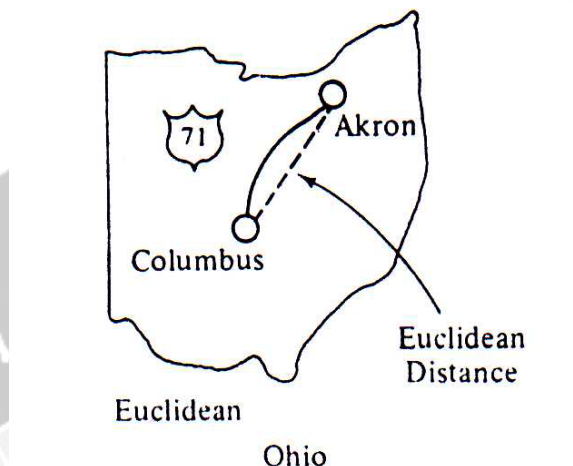
Pada metode ini, jarak diukur sepanjang jalur lurus antara dua titik (Tompkins, 2003). Contoh penerapan metode ini adalah konveyor lurus yang menghubungkan dua stasiun kerja.

Pengukuran dengan metode *euclidean* digunakan ketika suatu jarak garis lurus lebih sesuai, seperti jarak perjalanan dalam suatu negara atau suatu kota (Turner, 1993). Notasi yang digunakan untuk menghitung jarak dengan metode ini adalah (Tompkins, 2003):

- $X = (x, y)$ , menunjukkan lokasi dari fasilitas baru.
- $P = (a_i, b_i)$ , menunjukkan lokasi dari fasilitas ke  $i$  yang telah ada,  $i=1, 2, \dots, m$ .
- $d(X_i, P_i)$ , menunjukkan jarak antara fasilitas baru dengan fasilitas yang telah ada.

Perhitungan jarak dengan metode *euclidean* ini dapat diukur dengan menggunakan rumusan berikut (Turner, 1993):

$$d(X_i, P_i) = [(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{1/2} \dots \dots (3.2)$$



Gambar 3.8. Contoh Pengukuran dengan Menggunakan Euclidean Distance (Turner, 1993)

*c. Flow path distance*

Menurut Tompkins (2003), perhitungan jarak dengan metode ini diukur sepanjang jalur aktual yang ditempuh antara dua titik. Contoh penerapan dari metode ini adalah *automatic guided vehicle (AGV)* yang dipakai untuk memindahkan material antar stasiun kerja dalam pabrik.

**3.10. Kontruksi Tata Letak Awal Fasilitas Manufaktur**

Kontruksi tata letak awal diturunkan dari hasil analisis metode kontruksi untuk *process layout* dan *Cellular layout* atau hasil *Line Balancing* untuk *product layout*. Konstruksi tata letak ini akan menjadi input, yaitu tata letak awal yang diperlukan dalam optimasi tata letak fasilitas dengan menggunakan metode optimasi sesuai dengan tipe tata letaknya sehingga didapatkan tata letak dengan ongkos aliran minimum. PLANET (*Plant Layout Analysis and Evaluation Technique*) merupakan

salah satu metode untuk membuat konstruksi tata letak awal fasilitas manufaktur.

Metode PLANET dikemukakan oleh Apple dan deisenroth pada tahun 1972. Prinsip kerja PLANET adalah sebagai berikut:

- a. Memilih dua departemen yang akan ditempatkan pertama kali dan kemudian diletakkan secara berdekatan pada bagian tengah layout.
- b. Setiap departemen yang akan ditempatkan berikutnya ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan penambahan ongkos penanganan material yang paling kecil. Langkah ini dilanjutkan dengan *trial and error*.
- c. Ongkos penanganan material diperoleh dengan melakukan perkalian terhadap jarak antar *centroid* departemen dengan ongkos *flow between*.

Adapun algoritma metode seleksi adalah sebagai berikut:

- a. Metode A:
  1. Memilih dua departemen yang masuk ke layout menggunakan ongkos *flow between*.
  2. Memasangkan departemen yang masuk pertama kali yaitu departemen yang memiliki prioritas tertinggi dan ongkos *flow between* yang tertinggi.
  3. Departemen yang akan masuk berikutnya adalah departemen yang memiliki prioritas tertinggi diantara departemen yang belum terpilih dan ongkos *flow between* yang tertinggi dengan departemen mana saja yang telah berada dalam layout.

b. Metode B

1. Memasangkan departemen yang masuk pertama kali adalah departemen yang memiliki prioritas tertinggi dan ongkos *flow between* yang tertinggi.
2. Departemen yang akan masuk berikutnya adalah departemen yang memiliki prioritas tertinggi antara departemen yang belum terpilih dan ongkos *flow between* yang tertinggi dengan seluruh departemen yang telah berada dalam layout.

c. Metode C

1. Menjumlahkan semua *flow between* tiap-tiap departemen.
2. Mengurutkan departemen yang masuk ke dalam layout yaitu departemen yang memiliki prioritas tertinggi dan departemen yang memiliki jumlah ongkos *flow between* yang tertinggi.

**3.11. Optimasi Tata Letak Fasilitas Manufaktur Metode CRAFT**

CRAFT atau *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique* merupakan salah satu program tata letak yang pertama kali dikembangkan. CRAFT adalah suatu perangkat lunak untuk tata letak fasilitas yang dapat dikategorikan sebagai metode perbaikan. CRAFT yang termasuk dalam metode perbaikan juga memerlukan tata letak awal sebagai salah satu inputnya. Selanjutnya CRAFT akan melakukan pertukaran departemen-departemen yang ada di dalam tata letak tersebut dengan tujuan untuk meminimumkan ongkos.



Fungsi tujuan CRAFT adalah untuk meminimasi ongkos pemindahan material total di antara departemen-departemen per satuan waktu, yang dirumuskan dengan:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij} \dots\dots (3.3)$$

Dimana :

$d_{ij}$  = jarak dari departemen i ke departemen j

$c_{ij}$  = ongkos perpindahan material dari departemen i ke departemen j per satuan jarak, per satuan beban

$f_{ij}$  = frekuensi aliran, *flow* dari departemen i ke departemen j

I = departemen i

J = departemen j

Z = ongkos pemindahan material total di antara departemen-departemen per satuan waktu

CRAFT akan menghitung jarak setiap departemen dari tata letak awal yang diberikan. Jarak dihitung dari titik pusat departemen yang satu ke departemen yang lain.

### 3.12. Konstruksi Tata Letak Akhir Fasilitas Manufaktur

Keluaran CRAFT adalah berupa tata letak akhir dengan ongkos aliran material yang paling kecil. Pada tata letak keluaran CRAFT ini kemungkinan terjadi beberapa masalah sehingga memerlukan perbaikan atau penyesuaian, antara lain:

a. Departemen terpotong

Salah satu penanggulangan kejadian ini ialah membandingkan bagian-bagian departemen yang terpotong tadi kemudian menyatukannya kembali. Departemen yang harus dipindahkan untuk disatukan kembali adalah departemen yang mempunyai potongan luas lebih kecil dibandingkan potongan luas departemen lain.

b. Bentuk departemen tidak beraturan

Bentuk departemen yang mungkin diterapkan pada tata letak adalah departemen-departemen yang memiliki bentuk sebagai berikut:

- 1) Umum, yaitu segi empat (persegi panjang atau bujur sangkar)
- 2) Khusus, yaitu segi enam (L) dan segi delapan (T dan U).

Maka di dalam penyesuaian tata letak hasil sedapat mungkin bentuk departemen dapat mengikuti bentuk umum atau bentuk khusus tersebut.

c. Fungsi departemen tidak terpenuhi

Berkaitan dengan dapat atau tidaknya mesin-mesin menempati areal departemen yang telah dibentuk dan disediakan dari hasil keluaran CRAFT maupun setelah melalui penyesuaian bentuk.

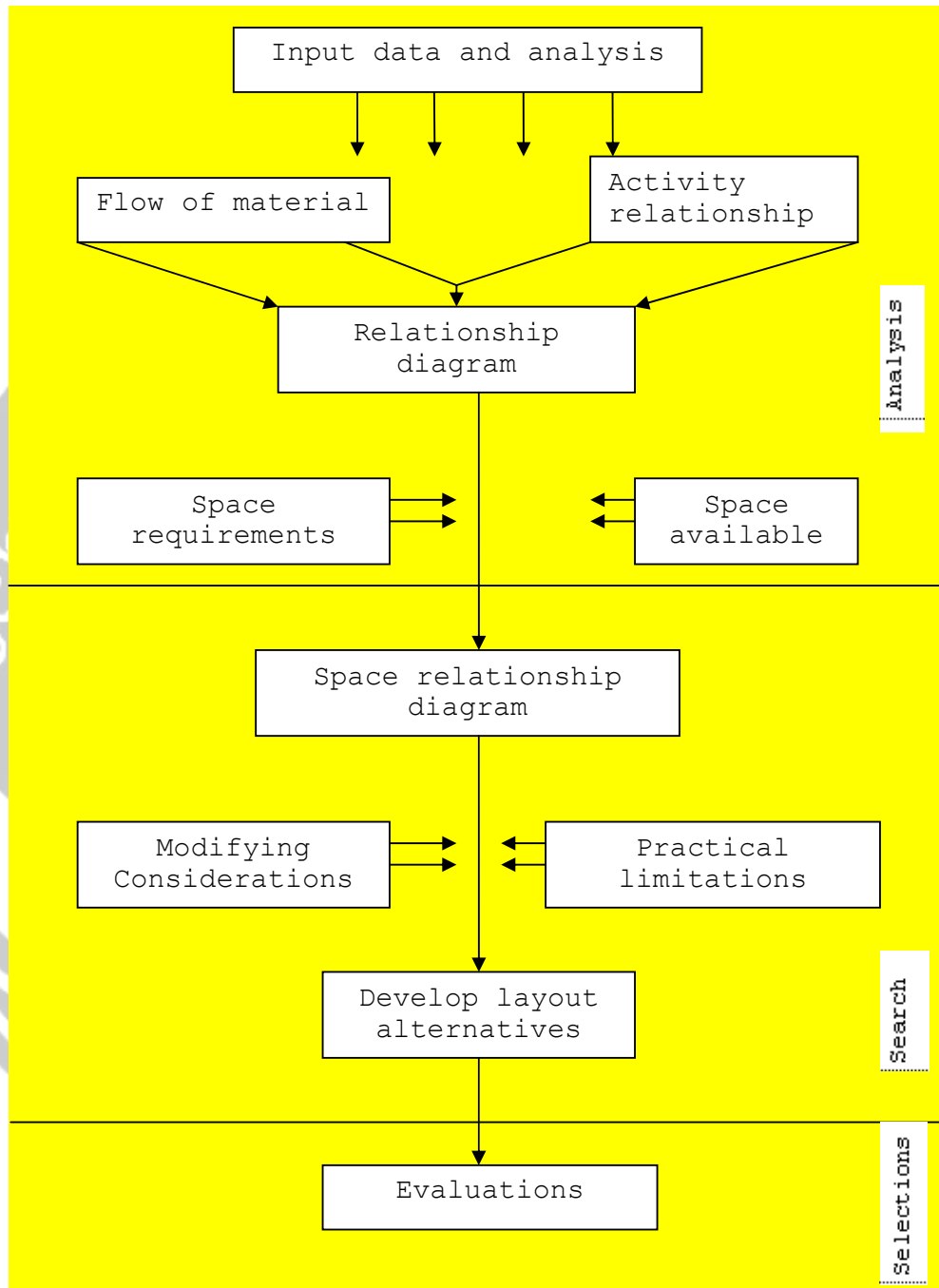
d. Optimalitas

Optimalitas aliran material akan semakin berkurang dengan penyesuaian-penyesuaian bentuk dan fungsi di samping karena algoritma yang dipakai oleh CRAFT.

### **3.13. Muther's Systemetic Layout Planning Procedure (SLP)**

Muther mengembangkan sebuah prosedur perancangan tata letak dengan nama SLP atau *Systemetic Layout Planning Procedure* (Tompkins, 2003). Kerangka kerja SLP dapat dilihat pada Gambar 3.9.





Gambar 3.9. Kerangka kerja SLP (Tompkins, 2003)

### 3.14. Relationship Diagraming

Metode ini digunakan untuk menghasilkan atau membangkitkan tata letak baru. *Input Relationship diagram* adalah ARC dan luas masing-masing departemen yang akan disusun. Pada prinsipnya penempatan tiap departemen berdasarkan pada kombinasi tingkat atau derajat kedekatan antar bagian dari mulai yang tertinggi (A) sampai dengan yang terrendah (U). (Francis, 1992)

Langkah-langkah pembuatan *relationship diagram* (Francis, 1992):

- a. Pilih departemen pertama yang akan masuk ke dalam tata letak. Dipilih departemen yang mempunyai derajat kedekatan tertinggi yaitu A. Jika tidak ada, pilih urutan derajat kedekatan berikutnya (*tie-breaking rule*) yaitu E, I, O, U.
- b. Pilih departemen kedua yang akan masuk ke dalam tata letak. Departemen kedua dipilih berdasarkan derajat hubungan tertinggi terhadap departemen yang telah masuk ke dalam *layout*. Langkah *tie-breaking rule* seperti pada langkah satu diterapkan juga pada langkah ini.
- c. Pilih departemen kedua yang akan masuk ke dalam tata letak. Departemen kedua dipilih berdasarkan derajat hubungan tertinggi terhadap departemen yang telah masuk padalangkah kedua. Ranking kombinasi yang dapat terjadi terhadap dua departemen yang sudah masuk kedalam *layout* sebelumnya adalah AA, AE, AI, A\*, EE, EI, E\*, II, I\* Dengan \* menunjuksn kemungkinan derajat 0 Dan I Langkah *tie-breaking rule* seperti pada langkah satu diterapkan juga pada

langkah ini. Demikian selanjutnya untuk departemen-departemen lainnya yang belum masuk ke *layout*.

### **3.15. Multi Product Process Chart (MPPC)**

MPPC menunjukkan keterkaitan produksi antara komponen penyusunnya. MPPC juga digunakan untuk menganalisis flow atau aliran material pada suatu rangkaian proses produksi (Apple, 1990)

Langkah-langkah pembuatan MPPC adalah sebagai berikut (Apple, 1990):

- a. Menuruni sisi kiri kertas, tulis daftar departemen atau bagian, kegiatan proses, dan mesin yang harus dilalui komponen.
- b. Sepanjang baris atas, tulis komponen, produk dan sebagainya yang sedang dikaji. Material harus disusun secara logis, karena kesamaan operasi yang dibutuhkannya.
- c. Dari lintasan produksi catatlah operasi pada tiap material, berhadapan dengan nama departemen, proses atau mesin yang sesuai, di bawah material yang sesuai, dengan lingkaran yang mengandung nomor operasi dari lintasan produksi.
- d. Hubungkan lingkaran menurut urutannya, meskipun saja terjadi garis balik mundur.
- e. Evaluasi peta yang dihasilkan untuk langkah balik yang menunjukkan kemungkinan penyusunan ulang departemen, kesamaan pola aliran yang menunjukkan kebutuhan akan proses yang sama pada wilayah yang sama, waktu yang sama, pedoman penyusunan yang akan menghasilkan pola aliran yang efisien.

Informasi yang diperoleh dari MPPC adalah, jika diagram ini ditelusuri dari atas kebawah akan didapatkan urutan proses dari suatu komponen, dari mesin yang satu ke mesin yang lainnya, dan jika ditelusuri dari kiri kekanan maka akan terlihat operasi yang dikerjakan oleh mesin yang sama. MPPC juga mengandung jumlah mesin aktual yang dibutuhkan untuk tiap-tiap operasi.

