

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1. Definisi Perencanaan Fasilitas

Perencanaan fasilitas merupakan penentuan terbaik bagaimana suatu aset tetap aktivitas mendukung pencapaian tujuan aktivitas tersebut atau dengan kata lain perencanaan fasilitas merupakan penentuan terbaik penyusunan sumber daya fisik manufaktur/pabrik untuk mendukung kegiatan produksi (Tompkins, 2003).

Perencanaan fasilitas merupakan pengaturan susunan fisik dari mesin produksi dan peralatan, stasiun kerja, manusia, lokasi bahan dari semua jenis dan bentuk, serta peralatan penanganan bahan untuk mendukung kegiatan produksi (Meyers, 2005).

Perencanaan fasilitas merupakan suatu susunan fasilitas-fasilitas fisik yang terdiri atas perlengkapan, tanah, 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 (Apple, 1990).

Dari ketiga definisi diatas, dapat disimpulkan Perencanaan fasilitas adalah pengaturan susunan fasilitas-fasilitas fisik untuk mendukung pencapaian tujuan aktivitas sehingga interaksi tersebut optimal dalam proses transformasi material menjadi produk jadi.

Proses pengaturan segala fasilitas produksi dalam pabrik menurut Wignjosoebroto (2003) dibedakan dalam 2 tahap:

1. Pengaturan tata letak mesin dan fasilitas produksi lainnya (*machine layout*) yaitu pengaturan dari semua mesin-mesin dan fasilitas yang diperlukan untuk proses produksi dalam tiap-tiap departemen pada pabrik tersebut.
2. Pengaturan tata letak departemen (*departmentalization*), yaitu pengaturan bagian serta hubungannya satu dengan yang lain dalam pabrik yang bersangkutan.

Perencanaan fasilitas produksi meliputi beberapa kegiatan perancangan yaitu:

1. Perancangan struktur bangunan (*Structure Design*)
2. Perancangan tata letak fasilitas produksi (*Facilities/Plant Layout Design*)
3. Perancangan sistem pemindahan material (*Material Handling Design*)

3.2. Tujuan Perencanaan Fasilitas Produksi

Dalam merancang suatu tata letak fasilitas produksi, kita perlu memperhatikan beberapa tujuan utama kegiatan perencanaan fasilitas tersebut. Beberapa ahli telah merumuskan tujuan dari perencanaan fasilitas manufaktur.

Menurut Tompkins (2003), tujuan dari suatu perencanaan fasilitas manufaktur antara lain:

1. Meningkatkan kepuasan konsumen dengan cara peka terhadap kebutuhan konsumen.

2. 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.
3. Memaksimalkan kecepatan dalam merespon kebutuhan konsumen.
4. Mengurangi biaya dan meningkatkan keuntungan *supply chain*.
5. Mengintegrasikan *supply chain* melalui *partnerships* dan komunikasi.
6. Mendukung visi organisasi melalui peningkatan penanganan material, pengendalian material, dan pengurusan perusahaan yang baik.
7. Mengutilisasi pekerja, peralatan, area, dan energi secara maksimal.
8. Memaksimalkan *Return On Investment (ROI)*.
9. Kemudahan dalam kegiatan *maintenance*.
10. Menjamin keselamatan pekerja dan kepuasan kerja.

Menurut Meyers (2005), tujuan dari melakukan perancangan fasilitas manufaktur antara lain:

1. Meminimasi biaya produksi.
2. Meningkatkan kualitas.
3. Meningkatkan efisiensi penggunaan dari sumber daya manusia, peralatan, ruang, dan energi.
4. Meningkatkan kepuasan dari pekerja, tingkat keselamatan pekerja, dan kenyamanan pekerja.
5. Mengendalikan biaya tugas.
6. Memulai produksi secara tepat waktu.
7. Membangun fleksibilitas di dalam perencanaan.

8. Mengurangi atau menghilangkan inventori yang berlebihan atau tidak diperlukan.

Menurut Apple (1990), tujuan utama perencanaan suatu tata letak fasilitas produksi antara lain:

1. Memudahkan proses manufaktur.
2. Meminimumkan pemindahan barang.
3. Memelihara keluwesan susunan dan operasi.
4. Memelihara perputaran barang setengah jadi yang tinggi.
5. Menekan modal tertanam pada peralatan.
6. Menghemat pemakaian ruang bangunan.
7. Meningkatkan produktivitas tenaga kerja.

Memberi kemudahan, kenyamanan, dan keselamatan dalam melaksanakan pekerjaan.

Menurut Wignjosoebroto (2003), tujuan utama perencanaan tata letak fasilitas produksi ialah mengatur area kerja dan segala fasilitas produksi yang paling ekonomis untuk operasi produksi yang aman, dan nyaman sehingga akan menaikkan moral kerja dan *performance* dari operator. Lebih spesifik lagi suatu tata letak yang baik akan dapat memberikan keuntungan - keuntungan dalam sistem produksi, antara lain:

1. Menaikkan output produksi.
2. Mengurangi waktu tunggu (*delay*).
3. Penghematan penggunaan area untuk produksi, gudang dan *service*.
4. Pendaya guna yang baik dari penggunaan mesin, tenaga kerja, dan fasilitas produksi lainnya.
5. Mengurangi *inventori in-process*.
6. Proses *manufakturing* yang lebih singkat.

7. Mengurangi resiko bagi kesehatan dan keselamatan kerja dari operator.
8. Memperbaiki moral dan kepuasan kerja.
9. Mempermudah aktifitas supervisi.
10. Mengurangi kemacetan dan kesimpang-siuran.
11. Mengurangi faktor yang bisa merugikan dan mempengaruhi kualitas dari bahan baku ataupun produk jadi.
12. Mengurangi proses pemindahan bahan (*material handling*). Pada beberapa kasus biaya untuk proses pemindahan bahan ini bisa mencapai 30% sampai 90% dari total biaya produksi.

Meskipun terdapat berbagai macam tujuan perancangan tata letak fasilitas, menurut Ireson dan Grant (1988), tidak ada standar mutlak yang dapat digunakan untuk menentukan efektifitas suatu tata letak, pada umumnya tata letak dikatakan efektif bila mampu mengurangi jarak, waktu tunggu dan pergerakan yang tidak perlu serta meningkatkan keinginan bekerja bagi para pekerja.

3.3. Prinsip-Prinsip Perencanaan Fasilitas Manufaktur

Berdasarkan berbagai macam tujuan perencanaan fasilitas yang telah diuraikan sebelumnya, dapat ditarik enam prinsip dalam perencanaan fasilitas khususnya dalam lingkup sistem manufaktur. Menurut Muther (1970), enam prinsip tersebut adalah sebagai berikut:

1. Prinsip integrasi secara total

Prinsip ini menyatakan bahwa tata letak pabrik merupakan integrasi secara total dari seluruh

elemen produksi yang ada menjadi satu unit operasi yang besar.

2. Prinsip minimasi jarak perpindahan

Dalam proses pemindahan bahan dari satu operasi ke operasi yang lain, waktu dapat dihemat dengan cara mengurangi jarak perpindahan tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mencoba menerapkan operasi yang berikutnya sedekat mungkin dengan operasi yang sebelumnya.

3. Prinsip aliran dalam suatu proses

Prinsip ini mengusahakan untuk menghindari adanya gerakan balik (*back-tracking*), gerakan memotong (*cross-movement*), kemacetan (*congestion*), dan sedapat mungkin material terus bergerak tanpa ada interupsi.

4. Prinsip pemanfaatan ruangan

Semua fasilitas yang ditangani memiliki dimensi tiga yaitu aspek volume (*cubic space*) dan tidak hanya sekedar aspek luas (*floor space*). Oleh karena itu harus dipertimbangkan faktor dimensi ruang ini. Disamping itu gerakan dari manusia, bahan, atau mesin juga terjadi dalam salah satu arah dari tiga sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, atau sumbu z.

5. Prinsip kepuasan dan keselamatan kerja

Suatu tata letak pabrik tidak dapat dikatakan baik apabila akhirnya justru membahayakan keselamatan orang yang bekerja di dalamnya.

6. Prinsip fleksibilitas

Kondisi bisnis dan lingkungan yang cepat berubah mengakibatkan beberapa perubahan terjadi pada desain produk, peralatan produksi, waktu pengiriman

barang yang pada akhirnya membawa ke arah pengaturan kembali tata letak yang ada. Untuk itu kondisi ekonomi akan bisa dicapai bila tata letak yang ada direncanakan cukup fleksibel untuk diadakan penyesuaian atau pengaturan kembali (*relayout*) atau tata letak yang baru dapat dibuat dengan cepat dan murah.

3.4. Jenis-Jenis Permasalahan Pada Tata Letak

Apple (1990), mengungkapkan bahwa semua perancangan fasilitas atau proyek tata letak dilakukan untuk fasilitas baru, tidaklah seluruhnya demikian. Seringkali masalah yang dihadapi melibatkan penataletakan ulang dari satu proses yang telah ada atau perubahan beberapa bagian dari susunan peralatan tertentu, sehingga masalah tata letak pun sangat beragam, antara lain:

1. Perubahan rancangan.
2. Perluasan departemen.
3. Pengurangan departemen.
4. Penambahan produk baru.
5. Memindahkan satu departemen.
6. Penambahan satu departemen.
7. Penambahan departemen baru.
8. Peremajaan peralatan yang rusak.
9. Perubahan metode produksi.
10. Penurunan biaya.
11. Perencanaan fasilitas baru.

3.5. Proses Perencanaan Fasilitas

Dalam merencanakan tata letak suatu fasilitas produksi kita harus melalui tahap-tahap yang sistematis. Hal ini diperlukan agar tata letak yang kita hasilkan dapat mendukung tujuan dari pengaturan tata letak tersebut. Tompkins (2003), menjabarkan proses perencanaan fasilitas dalam enam tahap yaitu:

1. Mendefinisikan permasalahan.
2. Menganalisis masalah.
3. Membangun alternatif-alternatif desain.
4. Mengevaluasi setiap alternatif.
5. Memilih desain yang terbaik.
6. Implementasi desain yang terpilih.

Berdasarkan pendekatan tersebut, proses perencanaan fasilitas untuk fasilitas manufaktur dapat disusun sebagai berikut (Tompkins, 2003):

1. Definisikan atau definisikan kembali tujuan fasilitas, yaitu produk yang akan dibuat/diproduksi atau dirakit. Secara kuantitatif, volume atau level aktivitas juga dapat ditentukan.
2. Spesifikasikan proses manufaktur dan aktivitas pendukung lain yang berkaitan untuk membuat produk tersebut. Termasuk dalam hal ini adalah operasi (proses), peralatan, orang, dan aliran material yang terjadi.
3. Menentukan keterkaitan (*interrelationships*) keseluruhan aktivitas-aktivitas tersebut.
4. Menentukan luas ruang yang dibutuhkan untuk keseluruhan aktivitas.

5. Membangun alternatif rencana fasilitas. Termasuk di sini adalah alternatif lokasi dan alternatif desain fasilitasnya.
6. Mengevaluasi alternatif rencana fasilitas yang ada.
7. Memilih rencana fasilitas yang terbaik.
8. Mengimplementasikan rencana fasilitas terpilih. Proses instalasi tata letak terpilih dan mencoba menjalankan fasilitas.
9. Mengatur dan menyesuaikan rencana fasilitas. Fasilitas yang baru mungkin membutuhkan penyesuaian fasilitas-fasilitas lain.
10. Memperbaharui produk yang diproduksi atau dirakit dan mendefinisikan kembali tujuan fasilitas.

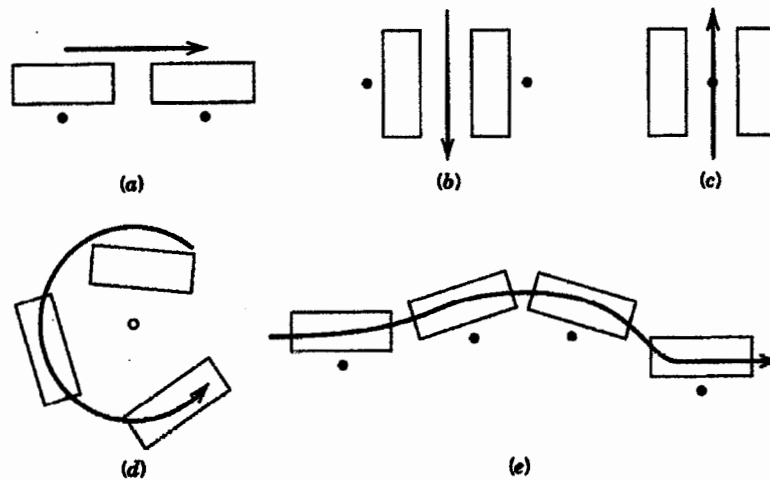
Dalam merencanakan suatu fasilitas harus diperhatikan kebutuhan dari fasilitas tersebut. Tompkins (2003), menyebutkan tiga hal penting yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan suatu fasilitas. Ketiga hal penting itu yaitu:

1. *Flow*
2. *Space*
3. *Activity relationships*

3.5.1. Flow

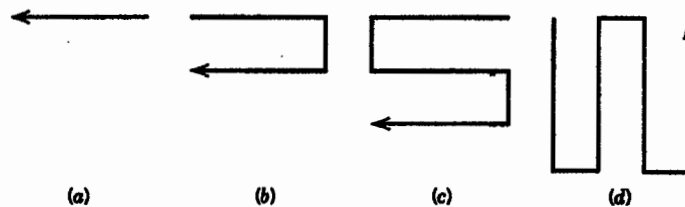
Suatu perencanaan aliran yang efektif meliputi pengkombinasian suatu pola aliran dengan *aisle* yang mencukupi untuk memperoleh pergerakan yang baik dari tempat asal ke tempat yang dituju (Tompkins, 2003). *Flow* (aliran) tergantung pada ukuran lot, *unit load size*, strategi dan peralatan *material handling*, pengaturan tata letak, dan susunan bangunan (Tompkins, 2003). Aliran yang dimaksud di sini meliputi aliran material, informasi, dan manusia diantara departemen

(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). Untuk mendapatkan aliran yang efektif, maka prinsip berikut perlu dicapai (Tompkins, 2003):

1. Maksimalkan aliran langsung
2. Minimalkan terjadinya aliran
3. Minimalkan biaya aliran

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

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

Aliran dapat digolongkan menjadi dua keadaan yaitu kualitatif dan kuantitatif (Tompkins, 2003).

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

1. Tuliskan semua departemen yang dilalui aliran baik pada baris maupun kolom.
2. 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.

3. 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). Nilai hubungan kedekatan Muther dapat dilihat pada Tabel 3.1.

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

| Value | Closeness |
|--------------|-----------------------------|
| 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> |

3.5.2. 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* berkurang karena adanya (Tompkins, 2003):

1. Produk dikirim (*deliver*) sampai *point of use* dengan *lot size* dan ukuran *unit load* yang lebih kecil.
2. Area untuk *storage*/penyimpanan didesentralisasi dan didekatkan pada *point of use*.
3. Inventori yang lebih sedikit karena penggunaan sistem "*pull*" dari proses yang berikutnya dengan memakai *kanban*. Ketidakefisienan *internal* dan *eksternal* sudah banyak dikurangi.
4. Susunan tata letak yang lebih efisien, misalnya dengan sistem *manufacturing cells*.
5. 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.
6. Pemakaian bersama kantor dan penggunaan telekomunikasi.

3.5.3 Activity relationships

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

1. *Flow relationship*, termasuk aliran material, orang, peralatan, informasi, dan uang.
2. *Control relationship*, termasuk sentralisasi atau desentralisasi kontrol material, *real time* atau *batch inventory control*, *shop floor control*, dan *level of automation and integration*.
3. *Organizational relationship*, dipengaruhi oleh struktur hubungan pengendalian dan pelaporan dalam organisasi.
4. *Environmental relationship*, termasuk pertimbangan keselamatan dan temperatur, kebisingan, asap, kelembaban, dan debu.
5. *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).

3.6. Tipe Tata Letak dan Dasar-Dasar Pemilihannya

Terdapat empat tipe dasar tata letak yang digunakan dalam sistem manufaktur (Tompkins, 2003) yaitu:

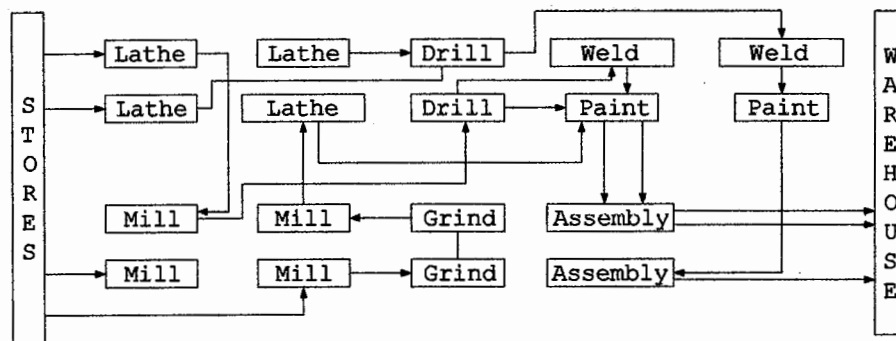
1. Tata letak fasilitas berdasarkan fungsi atau macam proses (*functional* atau *process layout*).
2. Tata letak fasilitas berdasarkan aliran produksi (*production line product* atau *product layout*).
3. Tata letak fasilitas berdasarkan kelompok produk (*product family* atau *group technology layout*).
4. Tata letak fasilitas berdasarkan lokasi material tetap (*fixed material location layout* atau *fixed position layout*).

Kenyataannya di perusahaan industri sulit untuk menemukan atau membuat *layout* tersebut secara ideal. Kebanyakan pabrik mengatur fasilitas berdasarkan kombinasi dari keempat aplikasi diatas untuk mendapatkan *layout* yang lebih baik, dan yang sering digunakan adalah aplikasi yang kedua (*product layout*), yaitu pengaturan fasilitas berdasarkan aliran proses produksi.

3.6.1. Tata letak fasilitas berdasarkan fungsi atau macam proses (*Functional* atau *process layout*).

Metode pengaturan dan penempatan dari segala mesin serta peralatan produksi yang memiliki tipe/jenis sama ke dalam satu departemen disebut tata letak fasilitas berdasarkan fungsi atau macam proses (*functional* atau *process layout*). Tata letak menurut macam proses ini menunjukkan bahwa semua mesin dan peralatan yang mempunyai ciri-ciri operasi yang sama akan

dikelompokkan bersama sesuai dengan proses atau fungsi kerjanya. Industri yang biasa menggunakan metode ini adalah industri manufaktur yang bekerja dengan jumlah/volume produksi relatif kecil dan terutama untuk jenis produk yang tidak standar. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Functional atau Process Layout

Pertimbangan yang harus diperhitungkan dalam menentukan tata letak jenis ini adalah:

1. Volume produk yang dalam jumlah kecil dan dalam jangka waktu yang relatif singkat pula.
2. Produk yang dari banyak tipe/model yang khusus.
3. Aktivitas *motion and time study* sulit sekali dilaksanakan karena jenis pekerjaan berubah-ubah. Sulit untuk mengatur keseimbangan kerja antara operator dan mesin.
4. Satu tipe mesin dapat melaksanakan lebih dari satu macam operasi kerja, untuk itu mesin umumnya dipilih *general purpose*.
5. Memerlukan pengawasan yang banyak selama langkah-langkah operasi sedang berlangsung.

6. Banyak memakai peralatan berat dan memerlukan perawatan khusus.
7. Material dan produk terlalu berat dan sulit untuk dipindah-pindahkan.

Keuntungan yang dapat diperoleh pada tipe ini adalah:

1. Fleksibilitas tenaga kerja dan fasilitas produksi besar dan sanggup mengerjakan berbagai macam jenis dan model produk. Pendayagunaan mesin tentu saja akan lebih maksimal.
2. Pengendalian dan pengawasan akan lebih mudah dan baik terutama untuk pekerjaan yang sukar dan membutuhkan ketelitian tinggi.
3. Total investasi yang rendah untuk pembelian mesin dan/atau peralatan produksi lainnya, karena di sini yang dipergunakan adalah mesin yang umum (*general purpose*).
4. Adanya aktivitas pengawasan yang lebih baik dan efisien melalui spesialisasi pekerjaan.
5. Mudah untuk mengatasi *breakdown* dari mesin, yaitu dengan cara memindahkannya ke mesin yang lain tanpa banyak menimbulkan hambatan-hambatan signifikan.

Kerugian-kerugian yang dapat dijumpai pada tipe ini adalah:

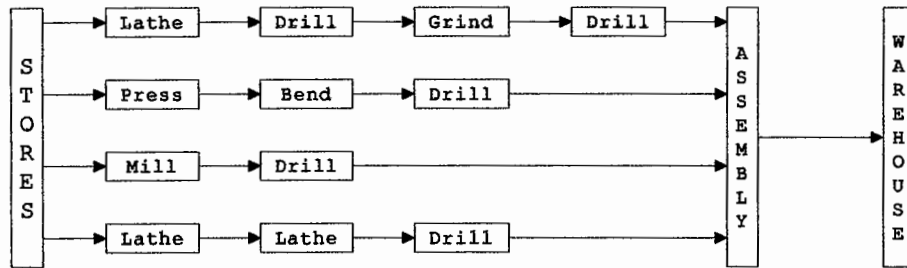
1. Tipe *process layout* biasanya diaplikasikan pada *job order* dengan macam produk yang dibuat banyak, menyebabkan proses dan pengendalian produksi menjadi kompleks.
2. Pengaturan tata letak mesin tergantung pada macam proses atau fungsi kerjanya tidak tergantung pada

urutan proses produksi, hal itu menyebabkan aktivitas pemindahan material.

3. Adanya kesulitan dalam menyeimbangkan kerja dari setiap fasilitas produksi yang ada, akan memerlukan penambahan *space area* untuk *work in process storage*.
4. Pemakaian mesin atau fasilitas produksi tipe *general purpose* akan menyebabkan produk yang harus dibuat menjadi banyak, sehingga menyebabkan proses dan pengendalian produksi menjadi kompleks.
5. Diperlukan keahlian operator yang tinggi guna menangani berbagai macam aktivitas produksi yang memiliki variasi besar.

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

Tata letak berdasarkan aliran produksi ini merupakan tipe *layout* yang paling populer untuk pabrik yang memproduksi secara masal (*mass production*) dan dengan waktu produksi yang lama, maka segala fasilitas-fasilitas produksi dari pabrik tersebut harus diatur sedemikian rupa sehingga proses produksi dapat berlangsung seefisien mungkin. Dengan *layout* berdasarkan produk yang dibuat atau sering disebut dengan *flow/line layout*, mesin akan diatur menurut prinsip '*machine after machine*' tidak peduli macam mesin yang digunakan. Untuk lebih jelas dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Production Line Product/Product Layout*

Berikut pertimbangan-pertimbangan yang dapat menjadi dasar utama dalam penempatan tata letak pabrik berdasarkan aliran produksi, yaitu:

1. Produk dibuat dalam jumlah/volume besar untuk waktu yang relatif lama.
2. Adanya keseimbangan lintasan (*line balancing*) yang baik antara operator dan peralatan produksi.
3. Satu mesin hanya digunakan untuk melaksanakan satu macam operasi kerja dari jenis komponen yang serupa.
4. Hanya ada satu atau beberapa standar produk yang dibuat.
5. Adanya kemungkinan untuk mempelajari studi gerak dan waktu guna menentukan laju produksi persatuan waktu.
6. Memerlukan aktivitas inspeksi yang sedikit selama proses produksi berlangsung.
7. Mesin produksi biasanya dipikirkan tipe *special purpose* dan tidak memerlukan *skill* operator.
8. Aktivitas pemindahan bahan dari satu stasiun kerja mekanis, umumnya dengan menggunakan *conveyor*.

9. Mesin-mesin yang berat dan memerlukan perawatan khusus jarang sekali dipergunakan dalam hal ini.

Keuntungan yang dapat diperoleh dari pengaturan fasilitas menurut aliran proses adalah:

1. *Work-in process* jarang terjadi karena lintasan produksi sudah diseimbangkan.
2. Aliran pemindahan material berlangsung lancar, sederhana, logis dan biaya *material handling* rendah karena aktivitas pemindahan bahan menurut jarak yang terpendek.
3. Pengendalian proses produksi mudah dilaksanakan.
4. Jumlah keseluruhan waktu yang digunakan untuk produksi relatif lebih singkat.
5. Adanya insentif bagi kelompok karyawan akan dapat memberikan motivasi guna meningkatkan produktivitas kerjanya.
6. Tiap unit produksi atau stasiun kerja memerlukan luas area yang minimal.

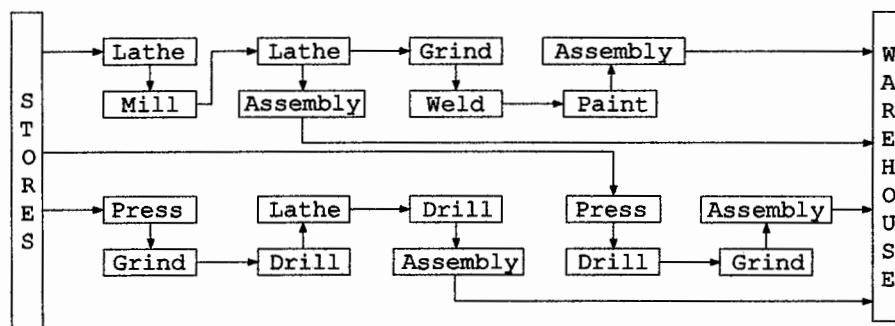
Selain keuntungan diatas, juga terdapat kerugian dari pengaturan fasilitas berdasarkan aliran proses, yaitu:

1. Adanya kerusakan salah satu mesin (*machine break down*) akan dapat menghentikan aliran proses produksi secara keseluruhan. Tidak memungkinkan untuk memindahkan beban ke mesin lain (sejenis) karena akan mengganggu produksi produk tersebut.
2. Fleksibilitas rendah. Perubahan rancangan produk akan menyebabkan *layout* menjadi tidak efektif dipakai.
3. Stasiun kerja yang paling lambat akan menjadi hambatan bagi aliran produksi.

4. Adanya investasi dalam jumlah besar untuk pengadaan mesin baik dari segi jumlah maupun akibat spesialisasi fungsi yang harus dimilikinya.

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

Pada tipe ini, tata letak berdasarkan atas pengelompokan produk atau komponen yang akan dibuat. Produk-produk yang identik dikelompokkan berdasarkan langkah pemrosesan, bentuk, mesin, atau peralatan yang dipakai dan sebagainya. Mesin-mesin dan fasilitas produk juga akan dikelompokkan dan ditempatkan dalam sebuah *manufacturing cell*. Pengelompokkannya akan memiliki urutan proses yang sama, menghasilkan tingkat efisien yang tinggi dalam proses manufakturnya. Efisiensi tinggi tersebut akan dicapai sebagai konsekuensi pengaturan fasilitas produksi secara kelompok atau sel yang menjamin kelancaran aliran kerja. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Product Family/Group Technology Layout

Berikut adalah keuntungan yang dapat diperoleh dari tipe ini:

1. Memiliki keuntungan-keuntungan dari produk *layout* dan proses *layout* karena pada dasarnya pengaturan tata letak tipe kelompok produk merupakan kombinasi dari kedua tipe *layout* tersebut.
2. Dengan adanya pengelompokan produk sesuai dengan proses pembuatannya maka pendayagunaan mesin akan maksimal.
3. Lintasan aliran kerja menjadi lebih lancar dan jarak perpindahan material diharapkan lebih pendek bila dibandingkan tata letak berdasarkan fungsi atau macam proses.
4. Berdasarkan pengaturan tata letak fasilitas produksi semacam ini, maka suasana kerja kelompok akan bisa dibuat sehingga keuntungan-keuntungan dari aplikasi *job enlargement* juga akan diperoleh.

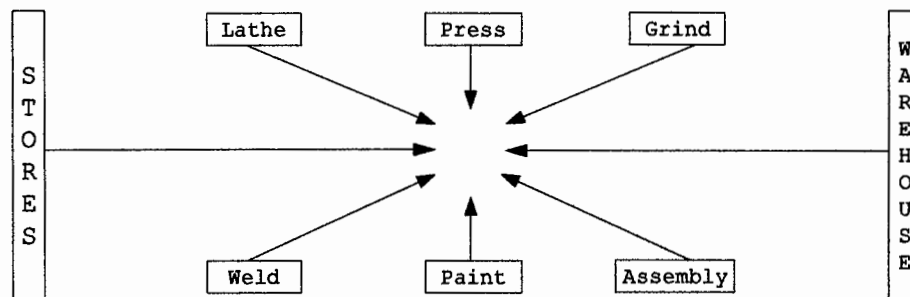
Seperti tipe lainnya, tipe ini juga memiliki kekurangan-kekurangan. Berikut adalah kekurangan dari tipe tersebut diatas:

1. Diperlukan tenaga kerja dengan keterampilan tinggi untuk mengoperasikan semua fasilitas produksi yang ada. Untuk ini diperlukan aktivitas pengawasan yang ketat.
2. Kelancaran kerja sangat tergantung pada kegiatan pengendalian produksi khususnya dalam hal menjaga keseimbangan aliran kerja yang bergerak melalui individu-individu sel yang ada.
3. Bilamana keseimbangan aliran dalam setiap sel sulit dicapai, maka diperlukan *buffers and work in process storage*.

4. Beberapa kerugian-kerugian dari produk dan proses *layout* juga akan dijumpai.
5. Kesempatan untuk bisa mengaplikasikan fasilitas tipe produksi *special purpose* sulit dilakukan.

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

Pada tipe ini, material atau komponen produk utama akan tinggal tetap pada posisi/lokasinya sampai produk selesai diproses, sedangkan fasilitas produksi seperti *tool*, mesin, manusia serta komponen-komponen kecil lainnya akan bergerak menuju lokasi material utama tersebut. Kebanyakan peralatan kerja yang dijumpai disini adalah peralatan yang mudah dipindahkan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Fixed Material Location Layout

Keuntungan dari tipe pengaturan tata letak ini adalah:

1. Karena yang bergerak pindah adalah fasilitas produksi, maka perpindahan material bisa dikurangi.

2. Fleksibilitas kerja sangat tinggi, karena fasilitas produksi dapat diakomodasikan untuk mengantisipasi perubahan-perubahan dalam rancangan produk, berbagai macam variasi produk yang harus dibuat (*product mix*) atau volume produksi.
3. Bilamana pendekatan kelompok kerja digunakan dalam kegiatan produksi, maka kontinuitas operasi dan tanggung jawab kerja bisa tercapai dengan sebaik-baiknya.
4. Kesempatan untuk melakukan pengkayaan kerja (*job enrichment*) dengan mudah bisa diberikan, demikian pula untuk meningkatkan kebanggaan dan kualitas kerja bisa dilaksanakan karena dimungkinkan untuk menyelesaikan pekerjaan secara penuh (*do the whole job*).

Kerugian yang dapat dijumpai pada pengaturan fasilitas berdasarkan lokasi material tetap adalah sebagai berikut:

1. Adanya peningkatan frekuensi pemindahan fasilitas produksi atau operator pada saat operasi kerja berlangsung.
2. Memerlukan operator dengan keahlian yang tinggi di samping aktivitas pengawasan yang lebih umum dan intensif.
3. Memerlukan pengawasan dan koordinasi kerja yang ketat khususnya dalam penjadwalan produksi.
4. Adanya duplikasi peralatan kerja yang akhirnya menyebabkan adanya *space area* dan tempat untuk barang setengah jadi (*work in process*).

Tipe seperti ini akan dijumpai pada pabrik perakitan pesawat terbang, pembuatan kapal juga

perakitan komputer yang komponen-komponennya dirakit dan dipesan pada lokasi yang tetap.

3.7. Faktor-Faktor yang Perlu Diperhatikan Dalam Pengaturan Tata Letak

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

1. Produk yang dihasilkan

Hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu:

a. Besar dan berat produk

Apabila produk yang dihasilkan besar dan berat, maka akan membutuhkan *material handling* yang khusus, seperti *fork lift* atau *conveyor*, sehingga membutuhkan ruang gerak yang cukup.

b. Sifat produk

Perlu adanya perhatian untuk mengetahui sifat produk yang dihasilkan. Sehingga dapat dilakukan penanganan yang lebih tepat.

2. Urutan proses produksinya

Faktor ini penting untuk diperhatikan terutama untuk *product layout* karena penyusunannya berdasarkan pada urutan produksinya.

3. Mesin-mesin produksi yang digunakan

Perlu diperhatikan sifat dan berat dari mesin-mesin yang digunakan.

4. Kebutuhan akan ruangan yang cukup luas

Perlu adanya perhatian terhadap luas ruang produksi. Oleh karena itu, diperlukan suatu perhitungan dalam menentukan luas area produksi.

5. *Maintenance* dan *replacement*

Mesin-mesin harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga *maintenance*-nya mudah untuk dilakukan dan proses *replacement*-nya juga mudah dilakukan.

3.8. 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):

1. *Rectilinear distance*
2. *Euclidean distance*
3. *Flow path distance*

3.8.1. *Rectilinear distance*

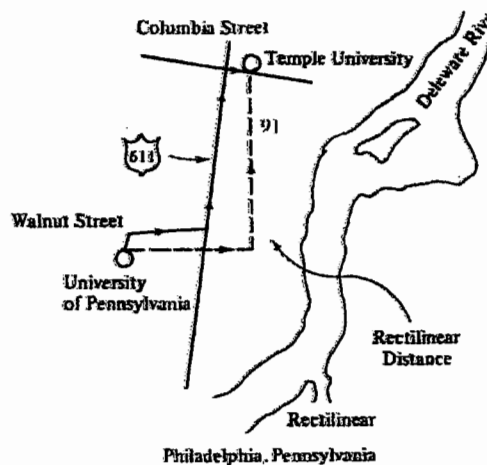
Pada pengukuran ini, jarak diukur sepanjang jalur yang tegak lurus terhadap jalur lainnya. Pengukuran ini dikenal juga sebagai *manhattan distance* karena berdasarkan pada fakta bahwa banyak jalan di kota tersebut tegak lurus atau paralel terhadap yang lain (Tompkins, 2003). Contoh penerapan metode ini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

3.8.2. *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.

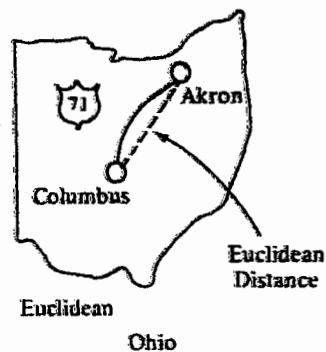
Pengukuran dengan metode *euclidean* digunakan ketika suatu jarak garis lurus lebih sesuai, seperti jarak perjalanan dalam suatu negara atau suatu kota (Turner, 1993). Notasi yang digunakan untuk menghitung jarak dengan metode ini adalah (Tompkins, 2003):

- $X = (x, y)$, 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)

3.8.3. *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.

3.9. *CRAFT*

CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) dikembangkan oleh Armour dan Buffa pada tahun 1963 (Tompkins, 2003). *CRAFT* 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, oleh karena itu *CRAFT* membutuhkan tata letak awal sebagai inputnya (Tompkins, 2003). *CRAFT* juga menggunakan data *From-To Chart* sebagai input data untuk aliran (Tompkins, 2003).

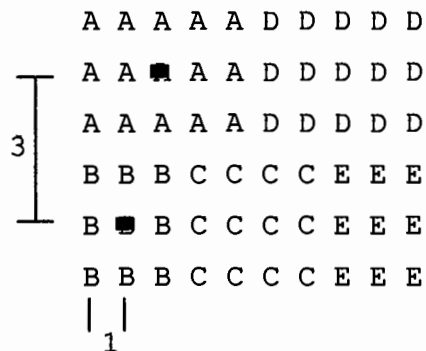
CRAFT memulai dengan penentuan titik tengah dari suatu departemen pada tata letak awal (Tompkins, 2003). Setelah itu, *CRAFT* akan menghitung jarak *rectilinear* antara titik tengah departemen yang satu dengan titik tengah departemen yang lain dan menempatkan nilainya pada suatu matriks jarak (Tompkins, 2003). Biaya tata letak awal ditentukan dengan mengalikan tiap data pada *From-To Chart* dengan data *unit cost matrix* dan *distance matrix* (Tompkins, 2003). Biaya tata letak diukur dengan menggunakan fungsi tujuan berdasarkan jarak seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 3.3. (Tompkins, 2003). Fungsi tujuan dalam *CRAFT* sebagai berikut (Tompkins, 2003):

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

Dengan,

- d_{ij} = jarak dari departemen i ke j
- c_{ij} = ongkos perpindahan material dari departemen i ke departemen j per satuan jarak per satuan beban
- f_{ij} = frekuensi aliran, aliran dari departemen i ke departemen j
- i = departemen i
- j = departemen j
- z = ongkos perpindahan material total diantara departemen-departemen per satuan waktu

Contoh, jika tata letak awal seperti gambar dibawah, maka jarak antara departemen A dan departemen B sama dengan $1+3=4$ satuan



Gambar 3.9. Contoh tata letak awal dan perhitungan jaraknya

Untuk menggunakan metode *CRAFT* ada beberapa input yang diperlukan antara lain:

1. Jumlah departemen
2. Jumlah baris
3. Jumlah kolom
4. Jumlah departemen yang *fixed*
5. Matriks aliran
6. Matriks biaya
7. Tata letak awal

Output yang dikeluarkan berupa tata letak akhir, biaya perpindahan material total, departemen - departemen yang dipertukarkan sehingga menghasilkan tata letak akhir, dan pengurangan biaya yang terjadi akibat pertukaran tersebut. Ada beberapa masalah yang mungkin terjadi sehubungan dengan tata letak hasil *CRAFT* ini yaitu:

1. Departemen terpotong (*split*).

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 dengan potongan luas departemen yang lain.

2. Bentuk departemen yang tidak beraturan.

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

- a. Umum, yaitu segi empat (persegi panjang atau bujursangkar).
- b. Khusus, yaitu segi enam (L) dan segi delapan (T dan U).

Maka didalam penyesuaian tata letak hasil sedapat mungkin bentuk departemen mengikuti bentuk umum atau bentuk khusus tersebut.

3. Fungsi departemen tidak terpenuhi.

Hal ini berkaitan dengan dapat atau tidaknya mesin-mesin menempati areal departemen yang telah dibentuk dan disediakan dari hasil keluaran *CRAFT* maupun setelah melalui penyesuaian bentuk. Tentunya penyesuaian ini dilakukan setelah diketahui orientasi dan dimensi tiap mesin pada departemen tersebut.

4. Optimalitas

Optimalitas ongkos aliran material akan semakin berkurang seiring dengan penyesuaian-penyesuaian bentuk, fungsi disamping karena algoritma *Steepest Descent (SD)* yang dipakai oleh *CRAFT*.