BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Posisi Penelitian pada Disiplin Ilmu Teknik Industri

Pengertian Teknik Industri berdasarkan IIE (*Institute of Industrial and System Engineering*) adalah suatu teknik yang mencakup bidang desain, perbaikan, dan pemasangan dari sistem terintegrasi yang terdiri dari manusia, bahan-bahan, informasi, peralatan, dan energi. Hal ini digambarkan sebagai pengetahuan dan keterampilan yang spesifik pada metematika, fisika, dan ilmu-ilmu sosial bersama dengan prinsip dan metode dari analisis keteknikan dan desain untuk mengkhususkan, memprediksi, dan mengevaluasi hasil yang akan dicapai dari suatu sistem.

Ilmu Teknik Industri diklasifikasikan ke dalam tiga bidang keahlian, yaitu Sistem Manufaktur, Manajemen Industri, dan Sistem Industri dan Tekno Ekonomi.. Sistem Manufaktur adalah sebuah sistem yang memanfaatkan pendekatan teknik industri untuk peningkatan kualitas, produktivitas, dan efisiensi sistem integrasi yang terdiri dari manusia, mesin, material, energi, dan informasi melalui proses perancangan, perencanaan, pengoperasian, pengendalian, pemeliharaan, dan perbaikan dengan menjaga keselarasan aspek manusia dan lingkungan kerjanya. Jenis bidang keilmuan yang dipelajari dalam Sistem Manufaktur ini antara lain adalah Sistem Produksi, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Pemodelan Sistem, Perancangan Tata Letak Pabrik, dan Ergonomi.. Dalam penelitian ini jenis bidang keilmuan yang digunakan adalah Perancangan Tata Letak Pabrik yang cakupan bidangnya meliputi desain dan perbaikan, serta sistem integrasinya terdiri dari mesin, material, dan informasi. Prinsip dan bidang keilmuan yang digunakan ini menunjukan bahwa pada penelitian yang dilakukan merupakan sebuah bagian disiplin ilmu teknik industri.

2.2 Pengertian Tata Letak

Tata letak adalah fungsi yang melibatkan analisa, perencanaan, dan desain dari interelasi antara pengaturan fasilitas fisik, pergerakan material, aktivitas yang dihubungkan dengan personil dan aliran informasi yang dibutuhkan untuk mencapai *performance* optimum dalam rentang aktivitas yang berhubungan (Apple, 1990). Tata letak fasilitas dapat didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi. Pengaturan tersebut akan berguna untuk luas area penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya, kelancaran gerakan perpindahan material, penyimpanan material baik yang bersifat temporer maupun permanen, personel pekerja, dan sebagainya. Pada tata letak pabrik ada dua hal yang diatur letaknya yaitu pengaturan mesin (*machine layout*) dan pengaturan departemen (*departement layout*) yang ada dari pabrik. Bilamana kita menggunakan istilah tata letak pabrik seringkali hal ini akan kita artikan sebagai pengaturan peralatan atau fasilitas produksi yang sudah ada (*the existing arrangement*) ataupun bisa juga diartikan sebagai perencanaaan tata letak pabrik yang baru sama sekali (*the new plant layout*) (Wignjosoebroto, 2009).

Pada umumnya tata letak pabrik yang terencana dengan baik akan ikut menentukan efisiensi dan dalam beberapa hal akan juga menjaga kesuksesan kerja suatu industri. Peralatan dan suatu desain produk yang bagus akan tidak ada artinya akibat perencanaan tata letak yang sembarangan saja. Karena aktivitas produksi suatu industri secara normalnya harus berlangsung lama dengan tata letak yang tidak selalu berubah-ubah, maka setiap kekeliruan yang dibuat didalam perencanaan tata letak ini akan menyebabkan kerugian-kerugian yang tidak kecil.

2.3 Tujuan Perancangan Fasilitas

Tujuan utama dari perancangan tata letak fasilitas adalah mengatur area kerja beserta seluruh fasilitas produksi di dalamnya untuk membentuk proses produksi yang paling ekonomis, aman, nyaman, efektif, dan efisien. Selain itu, perancangan tata letak juga bertujuan untuk mengembangkan *material handling* yang baik, penggunaan lahan yang efisien, mempermudah perawatan, dan meningkatkan

kemudahan dan kenyamanan lingkungan kerja. Terdapat beberapa keuntungan tata letak fasilitas yang baik, yaitu (Wignjosoebroto, 2003):

1. Menaikkan *output* produksi

   Pada umumnya, tata letak yang baik akan memberikan *output* yang lebih besar dengan ongkos kerja yang lebih kecil atau sama, dengan jam kerja pegawai serta jam kerja mesin yang lebih kecil.

2. Mengurangi *delay* (waktu tunggu)

   Mengatur keseimbangan antara waktu operasi dan beban dari tiap-tiap departemen atau mesin adalah bagian dari tanggung jawab perancang tata letak fasilitas. Pengaturan yang baik akan mengurangi waktu tunggu atau *delay* yang berlebihan yang dapat disebabkan oleh adanya gerakan balik (*back-tracking)*, gerakan memotong (*cross-movement*), dan kemacetan (*congestion*) yang menyebabkan proses perpindahan terhambat.

3. Mengurangi jarak perpindahan bahan

   Dalam proses produksi, perpindahan barang atau *material* pasti terjadi. Mulai dari bahan baku memasuki proses awal, pemindahan barang setengah jadi, sampai barang jadi yang siap untuk dipasarkan disimpan dalam gudang. Mengingat begitu banyaknya perpindahan barang yang terjadi dan betapa besarnya peranan perpindahan barang, terutama dalam proses produksi, maka perancangan tata letak yang baik akan meminimalkan biaya perpindahan barang tersebut.

4. Penghematan penggunaan area

   Suatu perencanaan tata letak yang baik akan mencoba mengatasi segala pemborosan pemakaian ruangan dan berusaha untuk mengoreksinya.

5. Pendayagunaan yang lebih besar dari pemakaian mesin, tenaga kerja, dan atau fasilitas produksi lainnya.

   Suatu tata letak yang terencana dengan baik akan banyak membantu pendayagunaan elemen-elemen produksi secara lebih efektif dan efisien.

6. Mengurangi *inventory in-process*

   Sistem produksi pada dasarnya menghendaki sedapat mungkin bahan baku untuk berpindah dari suatu operasi langsung ke operasi berikutnya secepat-cepatnya dan berusaha mengurangi bertumpuknya bahan setengah jadi.

Problem ini terutama bisa dilaksanakan dengan mengurangi waktu tunggu dan bahan yang menunggu untuk segera diproses.

7. Proses *manufacturing* lebih singkat

   Dengan memperpendek jarak antara operasi satu ke operasi yang lainnya dan mengurangi bahan yang menunggu serta penyimpanan yang tidak diperlukan, maka waktu yang diperlukan dari bahan baku untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya dalam pabrik akan bisa diperpendek sehingga secara total waktu produksi akan dipersingkat.

8. Mengurangi resiko bagi kesehatan dan keselamatan kerja operator

   Suasana yang aman dan nyaman bagi para pekerja dalam pekerjaannya. Hal-hal yang bisa dianggap membahayakan bagi kesehatan dan keselamatan kerja dari operator haruslah dihindari.

9. Memperbaiki moral dan kepuasan kerja

   Penataan tata letak pabrik yang baik, rapi, dan tertib akan menciptakan suasana kerja yang menyenangkan sehingga moral dan kepuasan kerja bisa lebih ditingkatkan.

10. Mempermudah aktivitas supervisi

    Dengan tata letak pabrik yang terencana dengan baik akan mempermudah dalam mengamati segala aktifitas yang berlangsung di area kerja.

11. Mengurangi kemacetan dan kesimpangsiuran

    Tata letak pabrik yang baik akan memberikan luasan yang cukup untuk seluruh operasi yang diperlukan dan proses bisa berlangsung mudah dan sederhana.

12. Mengurangi faktor yang bisa merugikan dan mempengaruhi kualitas dari bahan baku ataupun produk jadi

    Tata letak yang baik akan menjaga bahan baku maupun produk jadi dari getaran-getaran, debu, panas, dan lain-lain sehingga akan mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan.

2.4 Konsep Dasar Perancangan Tata Letak

1. *Operation Process Chart* (OPC)

Operation Process Chart (OPC) adalah diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses pengerjaan *material*, mulai dari bahan baku hingga menjadi

komponen atau produk jadi. Sejak dari awal proses sampai menjadi produk utuh maupun sebagai komponen, dan juga memuat informasi-informasi yang dibutuhkan. Informasi-informasi yang bisa didapatkan dalam peta proses operasi adalah sebagai berikut:

a. Bahan baku dan bahan penunjang yang dibutuhkan (dipresentasikan dengan garis panah horizontal);
b. Operasi yang dibutuhkan pada masing-masing komponen atau bagian dari bahan baku (direpresentasikan dalam lingkaran);
c. Waktu yang dibutuhkan dalam proses;
d. Mesin atau alat yang digunakan dalam operasi;
e. *Scrap* yang dihasilkan (dibuang) dalam proses.

Maanfaat OPC:

a. Mengetahui kebutuhan mesin dan penganggarannya;
b. Memperkirakan kebutuhan bahan baku (dengan memperhitungkan efisiensi di tiap operasi);
c. Salah satu alat untuk menentukan tata letak pabrik;
d. Salah satu alat untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang berlaku;
e. Sebagai alat latihan kerja.

Prinsip–prinsip penyususnan OPC:

a. Pada baris paling atas terdapat kepala peta "*Operation Process Chart*", dan identifikasi lain: nama objek yang dipetakan, nama pembuat peta, tanggal dipetakan, cara lama atau cara sekarang, nomor peta, dan nomor gambar;
b. *Material* yang akan diproses diletakkan diatas garis horizontal, untuk menunjukkan bahwa *material* tersebut masuk ke dalam proses;
c. Lambang-lambang ditempatkan dalam arah vertikal, yang menunjukkan terjadinya perubahan proses;
d. Penomoran terhadap suatu kegiatan operasi diberikan secara berurutan, sesuai dengan urutan operasi yang dibutuhkan untuk pembuatan produk tersebut, atau sesuai dengan proses yang terjadi;
e. Penomoran terhadap suatu kegiatan inspeksi diberikan secara tersendiri dan prinsipnya sama dengan penomoran untuk kegiatan operasi;

f. Pada bagian bawah OPC dibuat ringkasan yang memuat informasi jumlah operasi, jumlah inspeksi, serta jumlah waktu yang diperlukan.

Simbol dan peta proses operasi OPC:

Tabel 2.1 Simbol dan Peta Proses Operasi

Lambang	Keterangan
	Operasi
	Transportasi
	Inspeksi
	Menunggu
	Penyimpanan
	Aktivitas ganda

a. Operasi: suatu kegiatan operasi yang terjadi apabila benda kerja mengalami perubahan sifat, baik fisik maupun kimiawinya. Operasi merupakan kegiatan yang paling banyak terjadi dalam suatu proses yang biasanya terjadi di suatu mesin atau stasiun kerja. Contoh: membuat benda dengan mesin bubut, mengecat benda kerja, dan merakit benda kerja.
b. Transportasi: suatu objek yang digerak kan dari satu tempat ke tempat lain, kecuali perpindahan tersebut bagian dari operasi atau disebabkan oleh operator yang sedang bekerja atau suatu inspeksi.
c. Pemeriksaan (Inspeksi): suatu kegiatan pemeriksaan terhadap benda kerja atau peralatan, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Lambang ini digunakan untuk melakukan pemeriksaan terhadap suatu objek tertentu agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Contoh: mengukur dimensi benda kerja sesuai spesifikasi, memeriksa warna benda, dan merakit benda kerja.
d. Menunggu (*Delay*): kondisi objek yang tidak mengizinkan untuk segera melakukan pekerjaan berikutnya yang menunggu.
e. Penyimpanan: suatu kegiatan menyimpan benda kerja untuk waktu yang cukup lama. Jika benda kerja tersebut akan diambil kembali biasanya melakukan

prosedur perizinan tertentu. Contoh: bahan baku yang disimpan dalam gudang dan menyimpan benda kerja hasil produksi.

f. Aktivitas gabungan (Ganda): suatu kegiatan yang terjadi apabila aktivitas operasi dan pemeriksaan dilakukan secara bersamaan atau pada satu tempat benda. Contoh: memeriksa benda kerja kemudian dimasukkan kedalam *box* karton.

2. Luas Lantai

Luas lantai digunakan untuk mengetahui luas lahan yang akan digunakan dalam perencanaan tata letak fasilitas dan perusahaan yang akan didirikan. Perhitungan luas lantai produksi dimulai dari luas kebutuhan lahan sampai perkantoran dengan memperhatikan segala fasilitas pendukungnya. Dalam melakukan suatu perencanaan tata letak fasilitas dan pemindahan bahan, dibutuhkan beberapa kebutuhan luas lantai untuk kegiatan produksi pabrik yang akan didirikan, serta fasilitas-fasilitas pendukung lainnya. Dengan demikian perlu dihitung berapa luas lantai yang disiapkan, terutama untuk kegiatan bagian produksi.

Perhitungan luas lantai ini didasarkan pada bahan baku yang akan disiapkan. Berdasarkan hal tersebut maka akan didapat luas lantai *receiving* (gudang bahan baku), model tumpukan, dan rak. Tumpukan digunakan untuk *material* yang rata-rata mempunyai dimensi yang besar sehingga tidak memungkinkan untuk dimasukan kedalam suatu wadah atau tempat tertentu. Sedangkan untuk *material* yang menggunakan model penyimpanan menggunakan rak, digunakan untuk *material* yang berdimensi kecil (Hadiguna & Setiawan, 2008).

Perhitungan kebutuhan luas lantai ini dilibatkan pula masalah-masalah yang berkaitan dengan kegiatan lainnya yang akan mempengaruhi terhadap lahan atau luas lantai tersebut yaitu:

a. Alat angkut;
b. Cara pengangkutan;
c. Cara penyimpanan bahan baku;
d. Aliran bahan.

Semuanya harus diperhitungkan dalam penentuan luas lantai dengan menambahkan *allowance*. Kegunaan luas lantai adalah digunakan dalam perhitungan ongkos

material handling (OMH) antar departemen, sesuai dengan luas lantai hasil perhitungan.

3. Ongkos *Material Handling* (OMH)

Pemindahan bahan atau *material handling* adalah salah satu jenis transportasi (pengangkutan) yang dilakukan dalam perusahaan industri, yang artinya memindahkan bahan baku, barang setengah jadi, atau barang jadi dari tempat asal ketempat tujuan yang telah ditetapkan. Pemindahan *material* dalam hal ini adalah bagaimana cara yang terbaik untuk memindahkan *material* dari satu tempat proses produksi ketempat proses produksi yang lain (Apple, 1990).

Kegiatan *material handling* adalah kegiatan tidak produktif, karena pada kegiatan ini bahan tidaklah mendapat perubahan bentuk atau perubahan nilai, sehingga sebenarnya akan mengurangi kegiatan yang tidak efektif dan mencari OMH terkecil. Menghilangkan transportasi tidaklah mungkin dilakukan, maka caranya adalah dengan melakukan *hand-off*, yaitu menekan jumlah ongkos yang digunakan untuk biaya transportasi. Menekan jumlah ongkos transportasi dapat dilakukan dengan cara menghapus langkah transportasi, mekanisasi, atau meminimasi jarak (Wignjosoebroto, 2003).

Ongkos *Material Handling* (OMH) adalah suatu ongkos yang timbul akibat adanya aktivitas *material* dari satu mesin ke mesin lain, atau dari satu departemen kedepartemen lain yang besarnya ditentukan sampai pada suatu tertentu (Sutalaksana & Iftikar, 1997). Satuan yang digunakan adalah Rupiah/Meter Gerakan. Tujuan dibuatnya perencanaan *material handling* adalah:

a. Meningkatkan kapasitas;
b. Memperbaiki kondisi kerja;
c. Meningkatkan kelengkapan dan kegunaan ruangan;
d. Mengurangi ongkos.

Tujuan utama dari perencanaan *material handling* adalah untuk mengurangi biaya produksi. Selain itu, *material handling* sangat berpengaruh terhadap operasi dan perancangan fasilitas yang diimplementasikan. Beberapa tujuan dari sistem *material handling* antara lain (Meyers, 1993):

a. Menjaga atau mengembangkan kualitas produk, mengurangi kerusakan dan memberikan perlindungan terhadap *material*;
b. Meningkatkan keamanan dan mengembangkan kondisi kerja;
c. Meningkatkan produktivitas;
d. Meningkatkan tingkat penggunaan fasilitas;
e. Mengurangi bobot mati;
f. Sebagai pengawasan persediaan.

Aktivitas pemindahan bahan yang perlu diperhitungkan adalah sebagai berikut:

a. Pemindahan barang dari gudang bahan baku menuju departemen pabrikasi maupun departemen *assembling*;
b. Pemindahan bahan yang terjadi di proses satu jenis mesin menuju satu jenis mesin yang lainnya;
c. Pemindahan bahan dari departemen *assembling* menuju gudang barang jadi.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung ongkos *material handling* (OMH) adalah sebagai berikut:

Total OMH = (OMH/m) x (r) x (*f*).....(2.1)

Keterangan: OMH/m = ongkos *material handling* rupiah per meter
r = jarak perpindahan antar stasiun kerja (m)
f = frekuensi pemindahan

4. *From to Chart* (FTC)

From to chart merupakan penggambaran tentang beberapa total ongkos *material handling* dari suatu bagian aktivitas dalam pabrik menuju aktivitas pabrik lainnya, sehingga dari peta ini dapat dilihat total ongkos *material* secara keseluruhan, mulai dari gudang bahan baku menuju fabrikasi, pembanding sampai terakhir menuju gudang bahan jadi (Apple, 1990).

Cara penghitungan *from to chart* adalah sebagai berikut:

a. Fabrikasi total ongkos dari tabel ongkos *material handling*, kemudian masukkan nilai total ongkos tersebut di sesuaikan dengan pengangkutan bahan dari satu tempat ke tempat lain;

b. Jumlah total ongkos setiap baris dan setiap kolom juga ongkos secara keseluruhan.

FTC dibagi menjadi dua yatu FTC *inflow* dan FTC *outflow*. FTC *inflow* merupakan koefisien atas ongkos pada FTC dilihat dari ongkos yang masuk ke suatu mesin. Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan untuk FTC *inflow*:

$$\text{FTC } \textit{Inflow} = \frac{\text{Nilai kotak matriks terisi (dari FTC biaya)}}{\text{Total kolom dimana kotak itu ada}} \quad \text{.....(2.2)}$$

FTC *outflow* merupakan koefisien atas ongkos pada *from to chart* dilihat dari ongkos yang keluar dari suatu mesin. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan untuk FTC *outflow* adalah sebagai berikut:

$$\text{FTC } \textit{Outflow} = \frac{\text{Nilai kotak matriks terisi pada kolom x dari (dari FTC biaya)}}{\text{Total nilai pada baris x}} \text{.....(2.3)}$$

5. Tabel Skala Prioritas (TSP)

Tabel skala prioritas adalah suatu tabel yang menggambarkan urutan prioritas antara departemen atau mesin dalam satu lintas atau *layout* produksi. Referensi TSP didapat dari perhitungan *outflow-inflow*, dimana prioritas diurutkan berdasarkan harga koefisien ongkos (Apple, 1990). Tujuan pembuatan tabel skala prioritas antara lain adalah:

a. Meminimumkan ongkos;
b. Memperkecil jarak *handling*;
c. Mengoptimalkan *layout.*

6. *Activity Relationship Diagram* (ARD)

ARD adalah diagram hubungan antar aktivitas (departemen/mesin) berdasarkan tingkat prioritas kedekatan, sehingga diharapkan ongkos *handling* minimum. Dasar untuk ARD yaitu TSP. Jadi yang menempati prioritas pertama pada TSP harus didekatkan letaknya lalu diikuti prioritas berikutnya. Pada saat menyusun ARD ini kemungkinan terjadinya *error* sangat besar karena berangkat dari asumsi bahwa semua departemen berdekatan satu sama lain. Adapun yang dimaksud *error* disini

adalah suatu keadaan dimana mesin-mesin (departemen-departemen) yang mendapat prioritas satu tidak dapat menempati posisinya untuk saling berdekatan satu sama lain tanpa ada pembatas dari departemen lain. Adapun batas *error* yang diijinkan dalam penempatan departemen-departemen tersebut (pembuatan ARD) adalah maksimal dua buah *error*. Area pada ARD diasumsikan sama, baru pada revisi disesuaikan berdasarkan ARD ini dan areanya sesuai dengan luas dari masing-masing aktivitas yang diperkecil dengan skala tertentu (Apple, 1990).

Tujuan dari ARD yaitu:

a. Menentukan letak lokasi departemen yang satu dengan departemen yang lain;
b. Menggambarkan hubungan derajat kepentingan antar kegiatan, dan membantu perencana untuk menghubungkan masing-masing kegiatan secara tepat.

Keuntungan pembuatan ARD adalah:

a. Pembagian wilayah kegiatan menjadi sistematis;
b. Memudahkan proses tata letak;
c. Meminimumkan ruangan yang tidak terpakai;
d. Menterjemahkan perkiraan area ke dalam suatu peraturan pendahuluan dalam bentuk yang dapat dilihat;
e. Memberikan perkiraan luas letak;
f. Menjamin ruang yang cukup;
g. Dasar bagi perencanaan selanjutnya.

7. *Area Allocation Diagram* (AAD)

AAD merupakan gambaran *layout* secara global yang menggambarkan hubungan kedekatan antar departemen dengan skala ukuran luas lantai yang sebenarnya. *Input* dari pembuatan AAD ini adalah *Area Relation Diagram* (ARD) dan data luas lantai setiap departemen. Ukuran setiap departemen pada AAD akan disesuaikan dengan luas lantai dan penataletakan awal pada ARD yang telah terbentuk, tujuan dari AAD adalah untuk merancang penyusunan unit-unit ruangan yang diperlukan setiap kegiatan kerja secara menyeluruh dengan cara seefisien mungkin.

2.5 Prosedur Perencanaan dan Penyusunan Tata Letak Fasilitas

Menjamin kelengkapan dan ketepatan pekerjaan yang dilakukan dalam menghasilkan rancangan fasilitas, kebanyakan proses perancangan harus mengikuti langkah-langkah sebagai berikut (Apple, 1990):

1. Mendapatkan data dasar;
2. Menganalisis data dasar;
3. Merancang proses produksi;
4. Merencanakan pola aliran bahan;
5. Mempertimbangkan rencana pemindahan bahan menyeluruh;
6. Menghitung kebutuhan peralatan;
7. Merencanakan stasiun kerja mandiri;
8. Memilih peralatan pemindah barang tertentu;
9. Mengkoordinir kelompok operasi yang berkaitan;
10. Merancang keterkaitan kegiatan;
11. Menentukan kebutuhan gudang;
12. Merencanakan kegiatan pelayanan dan kegiatan lainnya;
13. Menentukan kebutuhan gudang;
14. Mengalokasikan kegiatan ke seluruh ruang;
15. Mempertimbangkan jenis bangunan;
16. Membangun tata letak induk;
17. Mengevaluasi dan memeriksa tata letak dengan orang yang tepat;
18. Memperoleh persetujuan;
19. Membangun tata letak;
20. Mengikuti pelaksanaan tata letak.

2.6 Jenis–Jenis Persoalan Tata Letak

Perencanaan dan perancangan tata letak pabrik bukan hanya mengenai pendirian pabrik baru, tetapi juga mengenai pengaturan kembali fasilitas dikenal dengan istilah penataan kembali atau *relayout.* Masalah-masalah tata letak pabrik pada umumnya akan timbul bila terjadi berbagai hal seperti berikut (Apple, 1990):

1. Perubahan rancangan

   Perubahan rancangan produk menuntut perubahan proses atau operasi yang diperlukan. Perubahan ini mungkin hanya memerlukan penggantian sebagian kecil tata letak yang pernah ada atau bentuk rancangan tata letak ulang bergantung pada perubahan-perubahan yang terjadi.

2. Perluasan departemen

   Dengan adanya penambahan produksi, mungkin saja diperlukan perubahan tata letak. Hal ini mungkin hanya merupakan penambahan sejumlah mesin yang dengan mudah dapat diatasi dengan membuat suatu ruangan, atau mungkin diperlukan perubahan seluruh tata letak jika pertambahan produksi menuntut perubahan proses.

3. Pengurangan departemen

   Masalah ini menyerupai kebalikan masalah yang baru saja dikemukakan di atas. Jika jumlah produksi berkurang secara drastis dan menetap, perlu dipertimbangkan pemakaian proses yang berbeda dari proses sebelumnya yang digunakan untuk produksi tinggi. Perubahan seperti ini mungkin menuntut disingkirkan peralatan yang telah ada sekarang dan merencanakan pemasangan jenis peralatan lain.

4. Penambahan produk baru

   Produk baru dan yang serupa dengan produk yang sedang dikerjakan selama ini ditambahkan pada lintas produksi, masalah yang utama adalah perluasan departemen, Tetapi jika produk baru ini berbeda dari yang sedang diproduksi dengan sendirinya muncul persoalan baru. Peralatan yang ada dapat digunakan dengan menambahkan beberapa mesin baru. Peralatan yang ada dapat digunakan dengan menambahkan beberapa mesin baru disana sini dalam tata letak yang ada dengan penyusunan ulang minimum atau mungkin memerlukan penyiapan departemen baru atau seksi baru atau mungkin juga pabrik baru.

5. Memindahkan suatu departemen

   Memindahkan satu departemen dapat menimbulkan masalah tata letak yang besar. Jika tata letak yang ada sekarang masih memenuhi hanya diperlukan pemindahan ke lokasi lain. Jika tata letak yang ada sekarang tidak memenuhi lagi, kesempatan ini menghadirkan kemungkinan untuk perbaikan kekeliruan

yang lalu. Hal ini dapat merubah kearah penataletakkan ulang pada wilayah yang baru.

6. Penambahan departemen yang baru

   Masalah ini timbul dari pemikiran untuk memusatkan jenis pekerjaan atau menambah suatu departemen untuk suatu pekerjaan yang baru.

7. Peremajaan peralatan yang rusak

   Persoalan ini mungkin menuntut perpindahan peralatan yang berdekatan untuk mendapatkan penambahan ruang.

8. Perubahan metode produksi

   Setiap perubahan kecil dalam satu tempat kerja seringkali mempunyai pengaruh terhadap tempat kerja yang berhampiran atau wilayah yang berhampiran. Hal ini akan menuntut peninjauan kembali atas wilayah yang terlibat.

9. Peremajaan peralatan yang rusak

   Persoalan ini mungkin menuntut pemindahan peralatan yang berdekatan untuk mendapatkan pemindahan ruang.

10. Perencanaan fasilitas baru

    Persolaan ini merupakan persoalan tata letak terbesar. Disini rekayasawan umunya tidak dibatasi oleh kendala fasilitas yang ada. Bangunan dapat dirancang untuk menampung tata letak setelah diselesaikan. Ini adalah tata letak yang ideal yang dapat dicapai. Kemudian dinding dapat direncanakan sekeliling tata letak dengan tatanan fisik yang sesuai dengan yang ditetapkan.

2.7 Prinsip–Prinsip Perancangan Tata Letak

Prinsip-prinsip yang harus dipertimbangkan didalam desain tata letak fasilitas jika dilihat dari aspek dasar dan tujuan dari suatu tata letak yang terencana dengan benar yaitu:

1. Prinsip Integrasi (*Principle of Integration*)

   Suatu tata letak yang baik adalah mengintegrasikan manusia, material, mesin, dan layanan pendukung lainnya untuk mendapatkan pemanfaatan yang optimal terhadap sumber daya yang dimilikinya.

2. Prinsip Kedekatan Jarak (*Principle of Minimum Distance*)

   Prinsip ini berkaitan dengan perpindahan atau pergerakan manusia dan *material*. Tata letak harus diatur sedekat mungkin untuk meminimalisasi perjalanan dan pergerakan. Perlu diingat bahwa jarak yang jauh dapat meningkatkan penggunaan waktu kerja yang juga akan meningkatkan biaya operasional.

3. Prinsip Pemanfaatan Ruang (*Principle of Space Utilisation*)

   Sebuah *layout* atau tata letak yang baik adalah memanfaatkan keseluruhan ruang baik ruang horizontal maupun ruang vertikal nya. Pemanfaatan optimal bukan saja pada lantai ruangan saja, namun juga meliputi tinggi ruangan (pemanfaatan tiga dimensi).

4. Prinsip Aliran (*Principle of Flow*)

   Layout atau tata letak yang baik adalah *layout* yang dapat memperlancar aliran perpindahan *material* hingga tahap penyelesaiannya.

5. Prinsip Fleksibilitas Maksimum (*Principle of Maximum Flexibility*)

   Sebuah *layout* atau tata letak yang baik adalah *layout* yang tidak memakan biaya besar dan waktu lama saat terjadi perubahaan. Kebutuhan masa depan seharusnya dijadikan salah satu pertimbangan dalam melakukan perancangan *layout* atau tata letak fasilitas pabrik.

6. Prinsip Keselamatan, Keamanan dan Kepuasan (*Principle of Safety, Security and Satisfaction*)

   Sebuah *layout* atau tata letak yang baik adalah *layout* yang mempertimbangkan keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan kepuasan tenaga kerja serta keamanan fasilitas seperti menghindari terjadinya kebakaran dan kemalingan.

7. Prinsip Penanganan Minimum (*Principle of Minimum Handling*)

   Sebuah *layout* atau tata letak yang baik adalah *layout* yang dapat meminimalisasi penanganan *material.*

2.8 Macam–Macam Tipe Tata Letak

Pemilihan dan penempatan alternatif tata letak merupakan langkah yang kritis dalam proses perencanaan fasilitas produksi, karena tata letak yang dipilih akan menentukan hubungan fisik dari aktivitas produksi yang berlangsung. Penetapan

mengenai macam spesifikasi, jumlah, dan luas area dari fasilitas produksi yang diperlukan merupakan langkah awal sebelum perencanaan pengaturan tata letak fasilitas (Wignjosoebroto, 2009).

Ada empat macam atau tipe tata letak yang secara umum diaplikasikan dalam desain tata letak, yaitu:

1. Tata Letak Produk (*Layout by Product*)

Tata letak berdasarkan produk sering dikenal dengan *product layout* atau *production line layout*, adalah metode pengaturan dan penempatan stasiun kerja berdasarkan urutan operasi dari sebuah produk. Sistem ini dirancang untuk memproduksi produk-produk dengan variasi yang rendah dan volume yang tinggi (*mass production*). Untuk itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat memberikan produktivitas tinggi dengan ongkos yang rendah.

Gambar 2.1 *Layout by Product*

Keuntungan tata letak produk ini yaitu:

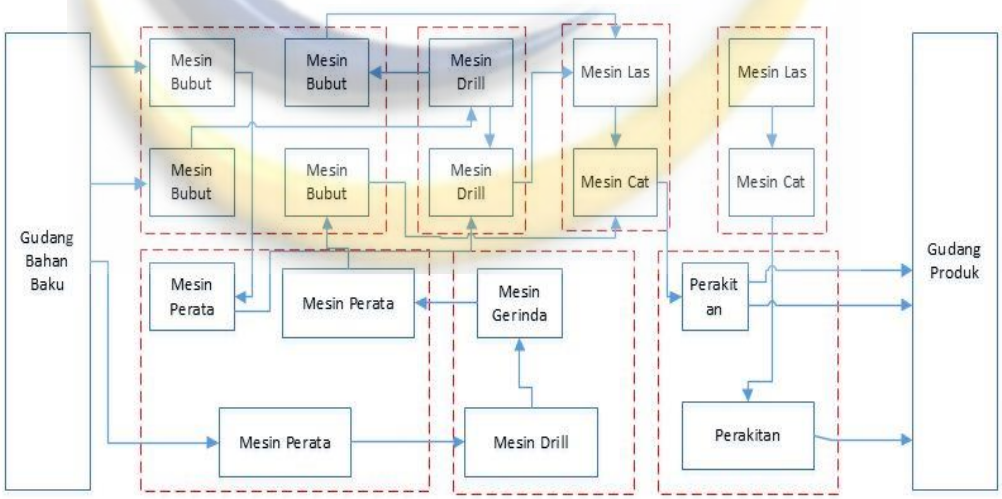
a. Aliran pemindahan *material* berlangsung lancar, sederhana, logis, dan OMH-nya rendah;
b. *Work-in-process* jarang terjadi karena lintasan produksi sudah diseimbangkan;
c. Total waktu yang digunakan untuk produksi relatif singkat;
d. Kemudahan dalam perencanaan dan pengendalian proses produksi;
e. Memudahkan pekerjaan, sehingga memungkinkan operator yang belum ahli untuk mempelajari dan memahami pekerjaan dengan cepat.

Keterbatasan dari tata letak produk yaitu:

a. Stasiun kerja yang paling lambat akan menjadi hambatan (*bottleneck*) bagi aliran produksi;
b. Adanya investasi dalam jumlah besar untuk pengadaan mesin, baik dari segi jumlah maupun akibat spesialisasi fungsi yang harus dimilikinya;
c. Kelelahan operator, operator mudah menjadi bosan disebabkan pengulangan tanpa henti dari pekerjaan yang sama;
d. Ketergantungan dari seluruh proses terhadap setiap *part*, kerusakan pada suatu mesin atau kekurangan operator untuk mengendalikan stasiun kerja bisa menghentikan keseluruhan hasil produksi pada satu *line* produk.

2. Tata Letak Proses (*Layout by Process*)

Tata letak berdasarkan proses sering dikenal dengan *process* atau *functional layout*, adalah metode pengaturan dan penempatan stasiun kerja berdasarkan kesamaan tipe atau fungsinya. Mesin-mesin yang digunakan tata letak proses berfungsi umum (*general purpose*). Tata letak proses umumnya digunakan untuk industri manufaktur yang bekerja dengan volume produksi yang relatif kecil dan jenis produk yang tidak standar (Wignjosoebroto, 2003).



Gambar 2.2 *Layout by Process*

Keuntungan penggunaan tata letak menurut proses yaitu:

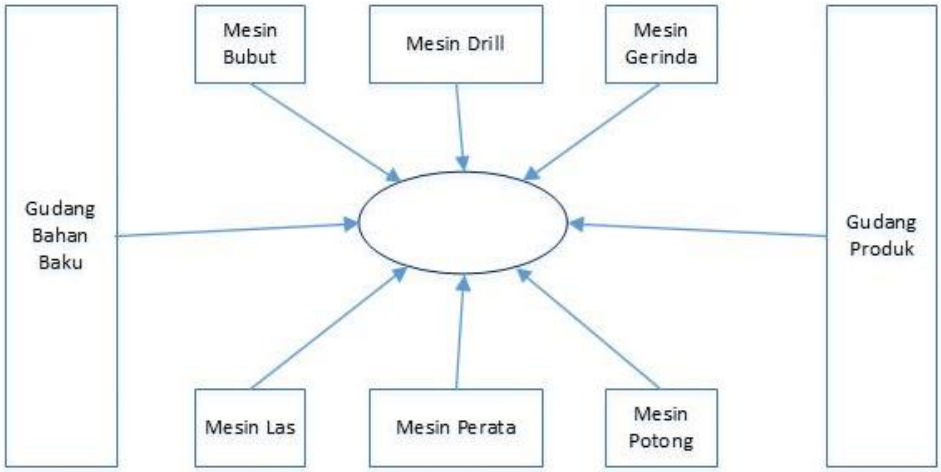
a. Total investasi yang rendah untuk pembelian mesin dan peralatan produksi lainnya;
b. Fleksibilitas tenaga kerja dan fasilitas produksi besar dan sanggup mengerjakan berbagai macam jenis dan model produk;
c. Kemungkinan adanya aktivitas supervisi yang lebih baik dan efisien melalui spesialisasi pekerjaan;
d. Pengendalian dan pengawasan lebih mudah dan baik terutama untuk pekerjaan yang sulit dan membutuhkan ketelitian tinggi;
e. Mudah untuk mengatasi *breakdown* dari mesin, yaitu dengan cara memindahkannya ke mesin lain tanpa banyak menimbukan hambatan-hambatan signifikan.

Keterbatasan dari tata letak menurut proses antara lain:

a. Menyebabkan adanya aktivitas pemindahan *material*;
b. Adanya kesulitan dalam menyeimbangkan kerja dari setiap fasilitas produksi yang ada, maka akan memerlukan penambahan *space* area untuk *work in process storage*;
c. Banyaknya macam produk yang harus dibuat menyebabkan proses dan pengendalian produksi menjadi kompleks;
d. Diperlukan *skill* operator yang tinggi guna menangani berbagai aktivitas produksi yang memiliki variasi besar.

3. Tata Letak Posisi Tetap (*Fixed Position Layout*)

Tata letak posisi tetap sering dikenal dengan *fixed material location* atau *fixed position layout*, adalah metode pengaturan dan penempatan satsiun kerja dimana *material* atau komponen utama akan tetap pada posisi/lokasinya, sedangkan fasilitas produksi seperti *tools*, mesin, manusia, serta komponen lainnya bergerak menuju lokasi komponen utama tersebut.



Gambar 2.3 *Fixed Position Layout*

Keuntungan dari tata letak posisi tetap yaitu:

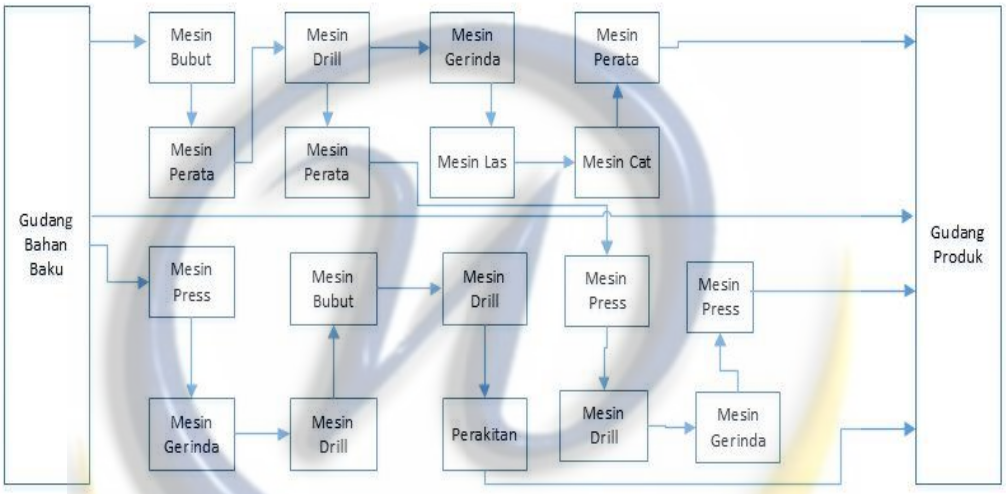
a. Karena yang banyak bergerak adalah fasilitas produksi, maka perpindahan material bisa dikurangi;
b. Bilamana pendekatan kelompok kerja digunakan dalam kegiatan produksi, maka kontinuitas operasi dan tanggung jawab kerja bisa tercapai dengan sebaik-baiknya;
c. Kesempatan untuk melakukan pengayaan kerja (*job enrichment*) dengan mudah bisa diberikan, demikian pula untuk meningkatkan kualitas kerja bisa dilaksanakan karena dimungkinkan untuk menyelesaikan pekerjaan secara penuh;
d. Fleksibilitas kerja sangat tinggi.

Keterbatasan tata letak posisi tetap yaitu:

a. Adanya peningkatan frekuensi perpindahan fasilitas produksi atau operator pada saat operasi kerja berlangsung;
b. Memerlukan operator dengan *skill* yang tinggi disamping aktivitas supervisi yang lebih umum dan intensif;
c. Adanya duplikasi peralatan kerja yang menyebabkan *space area* dan tempat untuk barang setengah jadi (*work in process*);
d. Memerlukan pengawasan dan koordinasi kerja yang ketat khususnya dalam penjadwalan produksi.

4. Tata Letak Teknologi Kelompok (*Group Technology Layout*)

Tata letak tipe ini didasarkan pada pengelompokan produk atau komponen yang akan dibuat. Produk-produk yang tidak identik dikelompokkan berdasarkan langkah-langkah pemrosesan, bentuk, mesin, atau peralatan yang dipakai. Pada tipe tata letak ini nantinya seluruh fasilitas produksi juga akan dikelompokkan dalam sebuah "*manufacturing cell*". Efisiensi yang tinggi akan dicapai sebagai hasil dari pengaturan fasilitas produksi secara kelompok karena menjamin kelancaran aliran kerja.



Gambar 2.4 *Group Technology Layout*

Keuntungan dari tata letak teknologi kelompok yaitu:

a. Akan diperoleh pendayagunaan mesin yang optimal;
b. Lintasan aliran kerja lebih lancar dan jarak perpindahan material lebih pendek bila dibandingkan dengan *process layout*;
c. Suasana kerja kelompok dapat diwujudkan sehingga keuntungan dari aplikasi *job enlargement* juga akan diperoleh;
d. Memiliki keuntungan-keuntungan yang ada pada tipe *product layout* maupun *process layout* karena tipe tata letak ini pada dasarnya merupakan kombinasi dari kedua tipe *layout* tersebut.

Keterbatasan tata letak teknologi kelompok yaitu:

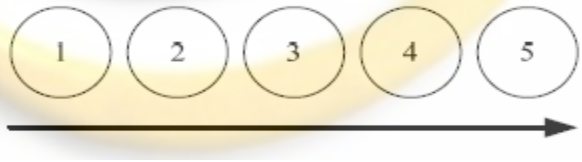
a. Diperlukan tenaga kerja dengan keterampilan tinggi untuk mengoperasikan semua fasilitas produksi sehingga aktivitas supervisi juga harus ketat;
b. Sangat tergantung pada kegiatan pengendalian produksi;
c. Diperlukan *buffers* dan *work in process storage*;
d. Sulit mengaplikasikan fasilitas produksi tipe *special purpose*.

2.9 Tipe Pola Aliran

Tahap awal dalam merancang faslitas adalah menentukan pola aliran secara umum. Pola aliran ini menggambarkan material masuk hingga pada produk jadi. Beberapa pola aliran umum serta fungsi dan kegunaannya adalah:

1. Garis Lurus (*Straight Line*)

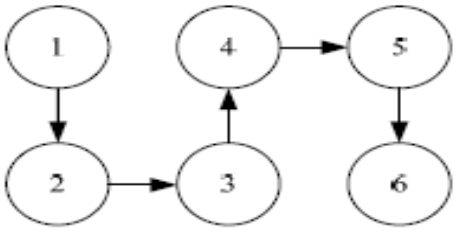
   Pola aliran berdasarkan garis lurus (*straight line*) umum dipakai apabila proses produksi berlangsung singkat, relatif sederhana, dan umumnya terdiri dari beberapa komponen atau beberapa macam *production equipment*. Pola aliran bahan berdasarkan garis lurus ini akan memberikan jarak terpendek antara dua titik, aktivitas produksi berlangsung sepanjang garis lurus, dari mesin nomor satu hingga ke mesin yang terakhir, jarak pemindahan bahan total akan lebih kecil (jarak sependek-pendeknya).



Gambar 2.5 Pola Aliran Garis Lurus

2. Bentuk *Zig-Zag* (*S-Shaped*)

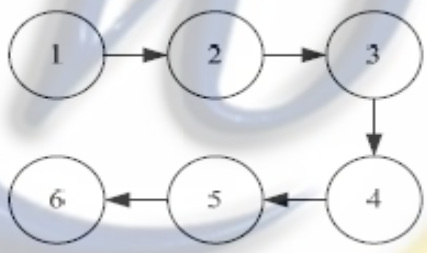
   Pola ini biasanya digunakan bila aliran proses produksi lebih panjang daripada luas area. Pada pola ini, arah aliran diarahkan membelok sehingga menambah panjang garis aliran yang ada. Pola ini digunakkan untuuk mengatasi keterbatasan area.



Gambar 2.6 Pola Aliran *Zig-Zag*

3. Bentuk U (*U-Shaped*)

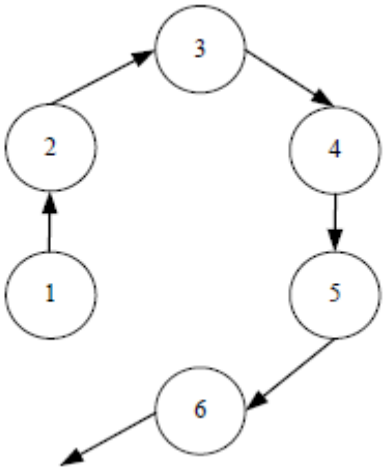
   Dilihat dari bentuknya, pola aliran ini digunakan bila kita menginginkan akhir dan awal proses produksi berada di lokasi yang sama. Keuntungannya adalah meminimasi penggunaan fasilitas *material handling* dan mempermudah pengawasan. Apabila garis aliran bahan relatif panjang, maka pola *U-shaped* ini akan tidak efisien dan untuk ini lebih baik digunakan pola aliran bahan tipe *zig-zag*.



Gambar 2.7 Pola Aliran U

4. Bentuk Melingkar (*Circular*)

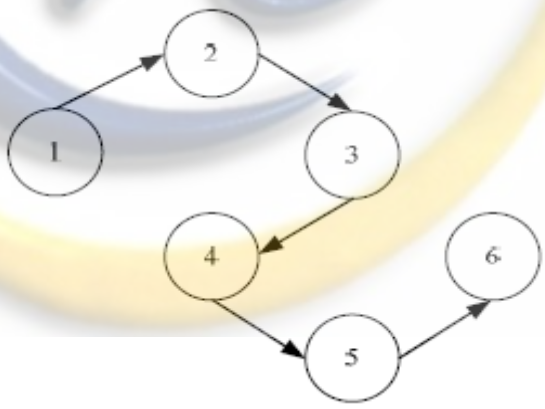
   Pola aliran berdasarkan bentuk lingkaran (*circular*) sangat baik dipergunakan apabila dikehendaki untuk mengembalikan *material* atau produk pada titik awal aliran produksi berlangsung. Hal ini juga baik dipakai apabila departemen penerimaan dan pengiriman *material* atau produk jadi direncanakan untuk berada pada lokasi yang sama dalam pabrik yang bersangkutan.



Gambar 2.8 Pola Melingkar

5. Bersudut Ganjil (*Odd Angle*)

   Pola ini jarang digunakan karena pada umumnya pola ini digunakan untuk perpindahan bahan secara mekanis dan keterbatasan ruangan. Dalam keadaan tersebut, pola ini memberi linatsan terpendek dan berguna banyak pada area yang terbatas.



Gambar 2.9 Pola Bersudut Ganjil

2.10 Jarak Pemindahan Bahan

Apabila terdapat dua buah stasiun kerja/departemen *i* dan *j* yang koordinatnya ditunjukkan sebagai (x,y) dan (a,b), maka untuk menghitung jarak antar dua titik

tengah *dij* dapat dilakukan beberapa metode yaitu *rectilinear distance, euclidean distance, dan squared euclidean distance.*

1. *Rectilinear Distance*

   Jarak diukur sepanjang lintasan dengan menggunakan garis tegak lurus (*orthogonal*) satu dengan yang lainnya. Sebagai contoh adalah *material* yang berpindah sepanjang gang (*aisle*) *rectilinear* di pabrik.

   dij = |x-a| + |y-b|.....(2.4)

2. *Euclidean Distance*

   Jarak diukur sepanjang lintasan garis lurus antara dua buah titik. Jarak *euclidean* dapat diiliustrasikan sebagai *conveyor* lurus yang memotong dua buah stasiun kerja.

   $dij = \sqrt{[(x - a)^2 + (y - b)^2]}$ .....(2.5)

3. *Squared Euclidean Distance*

   Jarak diukur sepanjang lintasan sebenarnya yang meintas antara dua buah titik. Sebagai contoh, pada sistem kendaraan terkendali (*guided vehicle system*), kendaraan dalam perjalanannya harus mengikuti arah-arah yang sudah ditentukan pada jaringan lintasan terkendali. Oleh karena itu, jarak lintasannya bisa lebih panjang dibandingkan kedua metode lainnya.

   $dij = (x-a)^2 + (y-b)^2$ .....(2.6)

2.11 Metode Penyelesaian Masalah Tata Letak

Metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada tata letak pabrik ini dapat digolongkan ke dalam dua bagian (Tompkins, 1996), yaitu:

1. Metode Optimasi

Metode optimisasi adalah metode yang memberikan solusi optimal, tetapi akan membutuhkan waktu yang lama, sementara waktu komputasi akan meningkat drastis dengan bertambahnya jumlah departemen atau bagian yang akan disusun. Hal ini menyebabkan metode seperti ini sangat sulit untuk diterapkan untuk bagian atau departemen yang sudah mencapai lebih dari 15 buah.

2. Metode Heuristik

Metode ini adalah metode yang mencoba mencari solusi yang mendekati optimal, dengan waktu komputasi yang relatif singkat dibandingkan dengan metode optimasi. Metode ini sangat bermanfaat untuk departemen dengan jumlah yang besar. Secara umum, metode heuristik ini hanya dibagi ke dalam dua bagian, yakni Metode Pembentukan (konstruksi) dan Metode Perbaikan.

2.11.1 Metode Pembentukan (Konstruksi)

Metode konstruksi terdiri dari penyeleksian dan penempatan fasilitas atau departemen secara berturut-turut sehingga diperoleh suatu tata letak yang baik. Metode ini digunakan untuk mengembangkan tata letak yang baru atau awal. Maksud dari metode ini adalah bekerja dari keadaan belum adanya susunan tata letak dan membentuk susunan tata letak dengan cara menempatkan departemen-departemen yang disediakan sehingga terbentuk susunan yang baik.

2.11.2 Metode Perbaikan

Metode perbaikan *(Improvement Method*) digunakan untuk mengalokasikan kembali tata letak fasilitas dari suatu susunan yang sudah ada dengan cara melakukan pertukaran lokasi departemen yang sudah ada. Selain dapat digunakan untuk *re-allocation*, metode perbaikan juga dapat digunakan untuk merencanakan tata letak. Perencanaan tata letak dengan ametode perbaikan dilakukan dengan cara membuat tata letak awal, kemudian dilakukan pertukaran tata letak sampai diperoleh hasil akhir. Metode ini dapat menghasilkan solusi yang cukup baik karena dapat mempertimbangkan kemungkinan-kemungkinan jika fasilitas ditempatkan pada lokasi yang berbeda dengan mengubah letak fasilitas yang ada beberapa kali, sehingga dapat menurunkan fungsi tujuan. Yang menjadi masalah dalam metode ini adalah iterasi yang tidak cukup banyak sehingga seringkali fungsi tujuan masih jauh dari optimal.

1. *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique* (CRAFT)

CRAFT merupakan program komputer pertama dalam tata letak pabrik, yang dikembangkan oleh Armour, Buffa, dan Vollman (1964). CRAFT merupakan salah satu algoritrna pertama dalam literatur. CRAFT menggunakan *from to chart*

sebagai *input*. Biaya *layout* ditentukan berdasarkan jarak *center*. Departemen tidak dibatasi dalam bentuk *rectangular*. CRAFT menggunakan data aliran barang sebagai dasar bagi pengembangan hubungan kedekatan, dalam batasan beberapa satuan ukuran (kg/hari, satuan/tahun, muatan/minggu) antara pasangan-pasangan kegiatan untuk membentuk suatu matriks bagi program ini.

Data masukan lainnya memberi kemungkinan pemasukan biaya pemindahan tiap satuan pemindahan, dan tiap satuan jarak. Bila masukan seperti ini tidak tersedia, atau tidak mencukupi, dapat diatasi dengan memasukkan angka 1 (satu) untuk semua biaya dalam matriks. Kebutuhan ruangan merupakan masukan ketiga. Masukan ini mengambil bentuk tata letak yang telah ada. Untuk tata letak yang baru, harus dikembangkan sebuah tata letak kasar. Pada keduanya, nomor identifikasi kegiatan, dalam jumlah yang mendekati skala ruang yang dibutuhkan, dimasukkan ke dalam luas keseluruhan dari tatanan yang telah ditetapkan. Lokasi dari sebuah kegiatan dapat ditetapkan dalam wilayah keseluruhan ini (Buffa, 1964)

CRAFT menghitung hasil kali aliran, biaya pemindahan, dan jarak antar pusat kegiatan. Kemudian dia mempertimbangkan pertukaran lokasi dan menguji perubahan dua arah atau tiga arah. Dilakukan pertukaran yang menyebabkan pengurangan ongkos yang paling besar, dan menghitung ongkos total yang baru. Proses ini diulang sampai tidak ada lagi pengurangan ongkos yang berarti. Program ini berorientasi lintas, sehingga kemungkinan pertukaran tidak diuji semua. Karenanya, dicapai tata letak yang disebut hampir optimum. CRAFT mencetak tata letak dalam bentuk dasar persegi. Setiap kegiatan muncul pada hasil cetakan, seluas meter persegi tertentu. Hasil CRAFT menunjukkan kegiatan dengan huruf. Sementara gambaran menyeluruh yang dihasilkan adalah persegi, bangun kegiatan mandiri cenderung tak beraturan dan harus disesuaikan ke dalam bentuk praktis. Biaya total dihitung dan perbedaaan antara biaya total setelah penyesuaian dengan sebelumnya menunjukkan penghematan (Apple, 1990).

Keuntungan penggunaan CRAFT:

1. Memungkinkan penetapan lokasi khusus;
2. Bentuk masukan dapat beragam;
3. Waktu komputer pendek;

4. Mempunyai arti matematis;
5. Dapat digunakan untuk tata letak kantor;
6. Dapat memeriksa pekerjaan sebelumnya;
7. Biaya dan penghematan tercetak.

Keterbatasan penggunaan CRAFT:

1. Menuntut penyesuaian oleh tangan (hasil tidak dapat langsung dipergunakan);
2. Program cenderung ”mempunyai jarak penglihatan pendek”, tidak dapat menemukan jawaban terbaik dengan hanya mengubah dua atau tiga departemen;
3. Pengubahan departemen harus berukuran sama, berdekatan satu sama lain dan berbatasan dengan departemen yang sama;
4. Memerlukan kejelasan struktur data masukan;
5. Rancangan huruf sulit;
6. Terbatas maksimal sampai 18 departemen.