

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perancangan Tata Letak Fasilitas

Perancangan tata letak merupakan studi yang digunakan untuk menentukan suatu rancangan tata letak dari suatu fasilitas. Fasilitas tersebut dapat berupa industri manufaktur, rumah sakit, gedung kantor, dan fasilitas lainnya. Menurut Tompkins (2010) perancangan tata letak tidak hanya berupa studi, namun strategi bagi perusahaan dalam menghadapi persaingan pasar global. Tata letak yang tepat akan meningkatkan kinerja dan produktivitas perusahaan.

Tata letak yang baik harus mendukung keunggulan dalam sistem rantai pasok perusahaan. Perancangan tata letak yang baik juga dapat membantu perusahaan dalam mencapai tujuan, visi dan misi perusahaan tersebut. Tujuan dari perancangan tata letak pabrik adalah meminimalkan biaya yang perlu dikeluarkan perusahaan tersebut untuk proses produksi dan transportasi di dalam pabrik agar meningkatkan efisiensi dalam pengaturan fasilitas produksi dan area kerja (Wahyono,2012).

Beberapa manfaat dari perancangan tata letak fasilitas antara lain :

- a. Peningkatan jumlah produksi  
Tata letak fasilitas yang baik dan tepat sasaran akan mendukung peningkatan jumlah produksi. Jumlah produksi akan berdampak pada nilai *output* atau *throughput* yang tinggi dan mengurangi jam kerja mesin.
- b. Mengurangi waktu tunggu  
Keseimbangan beban kerja dan waktu kerja antar mesin akan mencegah terjadinya penumpukan produk yang akan diproses dan mengurangi waktu tunggu. Keseimbangan beban dan waktu kerja didapatkan apabila keseluruhan fasilitas produksi dirancang dengan baik, mempengaruhi adanya *idle* dan gerakan yang tidak perlu baik mesin maupun pekerja.
- c. Meminimalkan jumlah dan jarak perpindahan  
Perancangan tata letak fasilitas yang baik akan menempatkan departemen yang memiliki hubungan kedekatan tinggi berdampingan, hal ini dengan tujuan mengurangi atau meminimalkan jumlah serta jarak perpindahan.
- d. Penghematan ruang  
Perancangan tata letak yang baik dapat mengurangi penggunaan ruang

yang tidak perlu karena penumpukan produk *work in process*. Perancangan tata letak juga dapat mampu menghitung kebutuhan luas yang tepat untuk setiap departemen dan stasiun kerja agar tidak menambah luas bangunan yang tidak dibutuhkan.

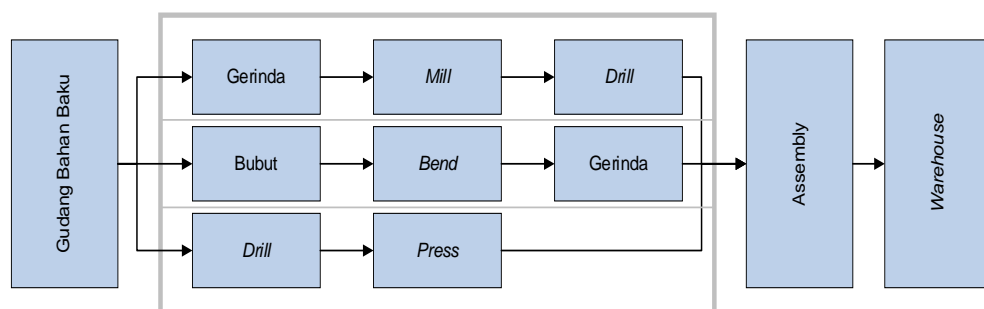
- e. Mempercepat *process time*  
Perancangan tata letak diharapkan dapat meminimalkan jarak antara departemen, mempercepat jalur transportasi yang akan menekan waktu proses antar operasi.
- f. Efisiensi penggunaan fasilitas dan elemen produksi  
Tata letak fasilitas yang tepat akan mendukung pendayagunaan mesin, tenaga kerja dan peralatan produksi
- g. Meningkatkan kepuasan dan keselamatan kerja  
Meningkatkan kepuasan dan keselamatan kerja akan berakibat terhadap terciptanya lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan tertib. Lingkungan kerja yang baik juga mempermudah dalam melakukan fungsi pengawasan, pemeriksaan, dan penggantian fasilitas kerja.

## 2.2 Tipe Layout

Menurut Tompkins (2010), tipe *layout* terbagi menjadi empat jenis, yaitu; *production line product layout*, *fixed product layout*, *product family layout*, *process layout*. Setiap tipe *layout* memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda, yaitu;

### a. *Production line product layout*

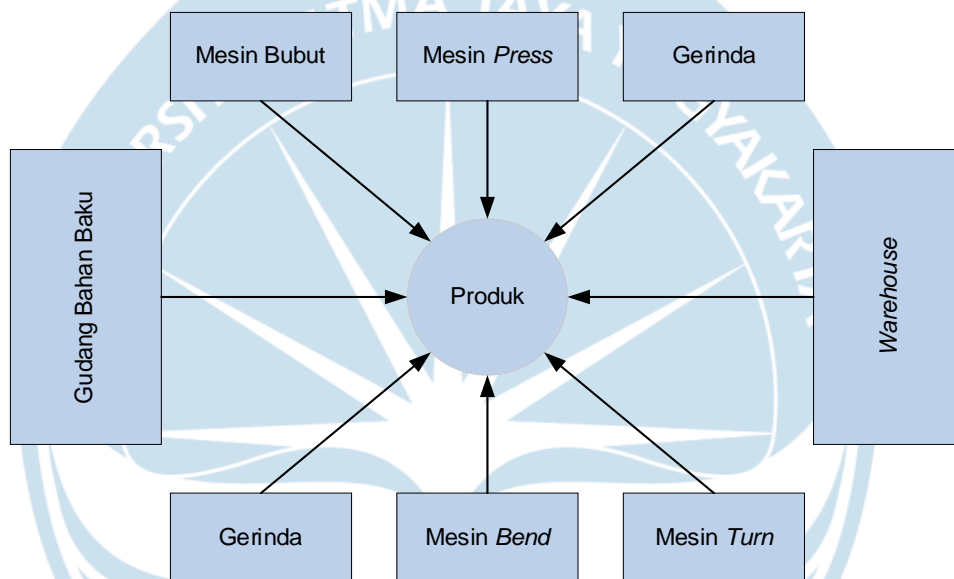
*Layout* ini dirancang berdasarkan urutan operasi untuk setiap komponen produk dan akan disusun dalam sebuah *line*. *Layout* ini ditujukan agar aliran material langsung dari satu *workstation* menuju ke *workstation* selanjutnya. Tipe *layout* ini pada umumnya cocok digunakan untuk tipe produk *make to stock*. Ilustrasi untuk tipe *layout* ini pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. *Product Layout*

b. *Fixed Product Layout*

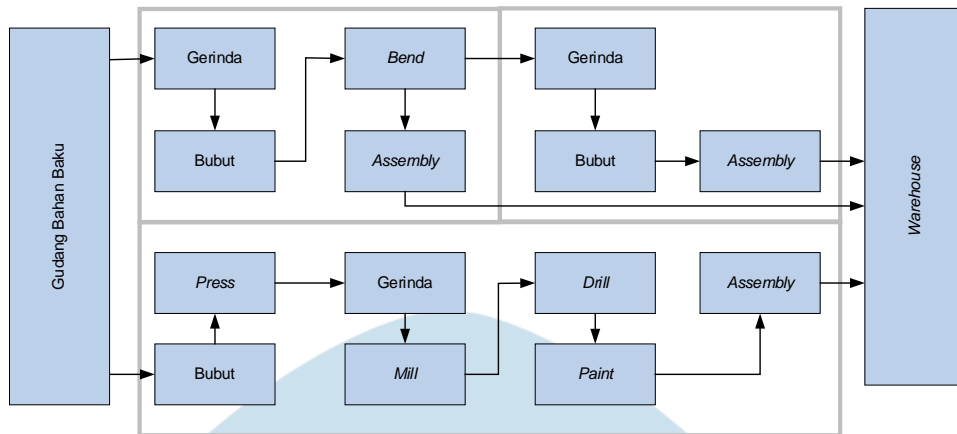
Jenis *layout* ini, berbeda dengan *layout* pada umumnya karena pergerakan material. Material dalam *layout* ini dipindahkan dari satu *workstation* menuju ke *workstation* lainnya. *Layout* ini pada umumnya digunakan untuk proses *assembly* produk dengan ukuran besar, seperti pesawat terbang, pembuatan kapal, dan proyek konstruksi. Penggunaan *layout* ini dikarenakan material yang terlalu besar dan berat, sehingga *workstation* yang akan bergerak untuk menghampiri material. Tipe *layout* ini pada umumnya cocok digunakan untuk tipe produk *engineer to order*. Jenis *layout* ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2. Fixed Layout**

c. *Product Family Layout*

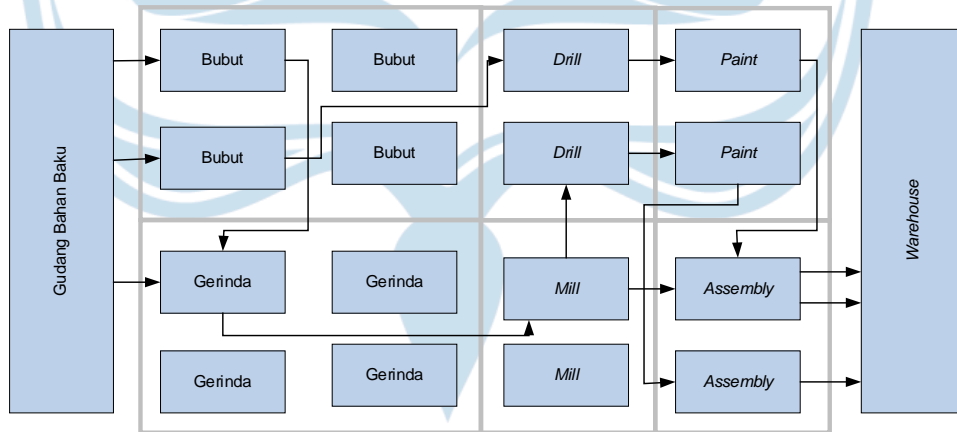
Sama seperti penamaannya, jenis *layout* ini dirancang berdasarkan pengelompokan komponen produk ke dalam *family product*. Komponen atau *part* yang tidak identik akan dikelompokkan berdasarkan urutan proses, bentuk, komposisi material, kebutuhan peralatan dan sebagainya. setiap *family product* akan dikelompokkan dalam sebuah kelompok yang memiliki karakteristik proses, bentuk, dan lainnya yang hampir mirip dan ditempatkan dalam satu *cell*. Seperti dalam Gambar 2.3, mesin gerinda, bubut, *bend* dan *assembly* merupakan *family product* yang ditempatkan dalam satu *cell*.



**Gambar 2.3. Product Family Layout**

*d. Process Layout*

Jenis *layout* ini dirancang berdasarkan *process department*, yaitu mengelompokkan mesin dan peralatan yang memiliki fungsi atau karakter yang sama. Pada umumnya, *layout* ini memiliki frekuensi pergerakan antar departemen yang tinggi dengan frekuensi pergerakan di dalam departemen yang rendah. Tipe *layout* ini pada umumnya cocok digunakan untuk tipe produk *make to order*, seperti pada Gambar 2.4.



(Sumber: Tompkins, 2010)

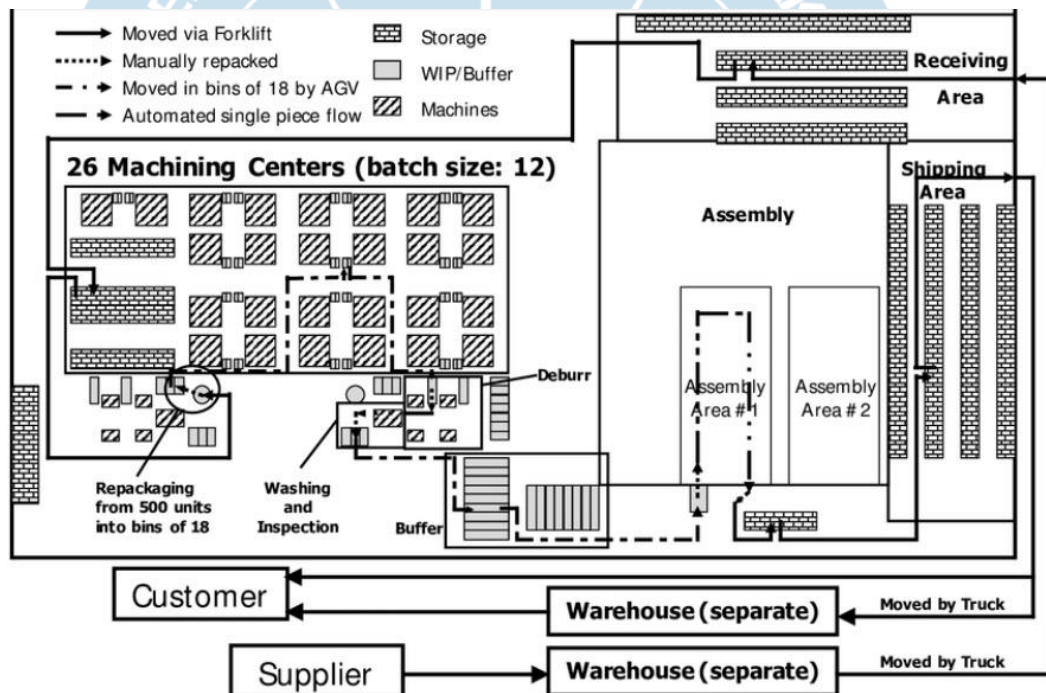
**Gambar 2.4. Process Layout**

**2.3 Material Flow System**

Menurut Tompkins (2010), *material flow system* didefinisikan sebagai pergerakan aliran material dalam suatu lingkungan. Total biaya aliran material minimal dapat dicapai dengan menyederhanakan pekerjaan dalam aliran material tersebut.

Pekerjaan dalam aliran material dapat disederhanakan, dengan cara; menghilangkan aliran menengah diantara aliran pada titik awal hingga titik akhir, menghilangkan aliran yang berganda dengan perancangan aliran pada dua titik yang berurutan dengan gerakan yang sedikit mungkin, selain itu dapat dilakukan penggabungan aliran dan operasi yang mungkin dengan perancangan gerakan material, informasi atau manusia untuk digabungkan dengan langkah pekerjaan.

Dapat disimpulkan bahwa penyederhanaan aliran material dapat dilakukan melalui eliminasi, pengurangan, maupun kombinasi pada aliran material sehingga didapatkan hasil akhir *flow material system* yang baik. Gambar 2.5 merupakan contoh dari diagram aliran material, Lambang panah menggambarkan pergerakan material dan memiliki perbedaan warna tergantung pada jenis *material handling* yang digunakan.



(Sumber: Timothy, 2016)

**Gambar 2.5. Diagram Aliran Material**

*Material flow system* secara keseluruhan dapat dilihat melalui berbagai perspektif, yaitu aliran dalam *workstations*, aliran dalam departemen, serta aliran antara departemen. *Flow system* yang efektif dapat dicapai dengan melibatkan kombinasi antara pola dan struktur dari *flow* dengan *aisle* yang memadai melalui titik awal hingga akhir. Flow yang efektif dalam sebuah fasilitas berisi gerakan

yang bertahap dari material, informasi, dan manusia antar departemen. *Flow* yang efektif dimulai dari *flow* dalam *workstation*, lalu *flow* dalam departemen tersebut, hingga *flow* antara departemen.

Dalam proses aliran material terdapat beberapa hal yang perlu dihindari karena dapat menimbulkan resiko aliran yang bermasalah. Beberapa aliran yang perlu dihindari, yaitu:

a. *Cross Traffic*

*Cross traffic* terjadi pada saat satu aliran memotong aliran lainnya. *Cross traffic* ini perlu dihindari dalam suatu *layout*, karena berisiko menimbulkan kecelakaan kerja dan kemacetan pada saat produksi sedang berlangsung. Perlunya perancangan lokasi peralatan, *service*, dan departemen yang tepat untuk menghindari *cross traffic*.

b. *Backtracking*

*Backtracking* terjadi ketika terdapat aliran material yang bergerak mundur. Aliran material yang baik selalu bergerak maju secara berurutan dari awal proses hingga proses *shipping*.

c. *Distance Traveled*

*Distance traveled* adalah jarak perpindahan yang dibutuhkan oleh material untuk berpindah dari satu tempat menuju ke tempat lain. Jarak perpindahan ini sebanding dengan jumlah biaya yang harus dikeluarkan. Semakin jauh jarak yang ditempuh maka akan semakin tinggi biaya yang harus dikeluarkan. *Layout* yang baik dan tepat dapat meminimalkan jarak antar departemen yang saling berhubungan, dengan tujuan mengurangi *distance traveled*.

## **2.4 Material Handling Equipment**

Menurut Tompkins (2010) *material handling equipment* dibedakan menjadi beberapa kategori peralatan penanganan material yang memiliki fungsi utama sebagai alat transportasi material. Jenis peralatan transportasi material dibedakan berdasarkan:

- a. Tingkat otomatisasi (manual, semi-otomatis, otomatis)
- b. Pola aliran (terus menerus dan terputus putus, serta sinkron dan asinkron)
- c. Jalur aliran (tetap dan bervariasi)
- d. Lokasi (bawah tanah, lantai, *overhead*)
- e. Kapasitas *throughput*



Material handling yang tepat akan mendukung tingkat keefektifan pemindahan material. *Industrial vehicles* merupakan transportasi material yang digunakan untuk mendukung proses manufaktur. *Industrial vehicles* dapat digunakan ketika pergerakan material bersifat hanya sementara atau jarak perpindahan yang ditempuh terlalu jauh. Beberapa kategori *industrial vehicles*, yaitu:

a. *walking industrial vehicles*

Termasuk didalamnya yaitu; *hand trucks dan hand cart, pallet jack, dan walkie stacker*

b. *riding industrial vehicles*

Termasuk didalamnya yaitu; *tallet truck, platform truck, tractor trailer, dan mobile yard crane*

c. *automated industrial vehicles*

Termasuk didalamnya yaitu; *automated guided vehicles, sorting transfer vehicle, monorails, hoists*

## 2.5 Metode Perhitungan Biaya *Material Handling*

Menurut Wignjosoebroto (2009) biaya *material handling* dikategorikan ke dalam 3 klasifikasi; biaya *material handling* transportasi bahan baku menuju ke pabrik lalu diolah menjadi produk dan kembali didistribusikan, biaya *material handling* di dalam rantai produksi, *receiving, storage* dan hingga ke *warehouse, shipping* yaitu biaya yang diperlukan untuk memindahkan material dari satu proses menuju ke proses berikutnya, biaya yang terakhir yaitu *handling materials* yang dilakukan operator pada mesin atau peralatan kerja di dalam proses perakitan. Jumlah dari biaya *material handling* atau dikenal dengan OMH (*Ongkos Material Handling*) bergantung kepada beberapa faktor (Arif,2017):

a. Jenis *material handling*, pada industri kecil pada umumnya proses aliran materialnya menggunakan tenaga manusia, namun jika volume dan beban melebihi kapasitas manusia maka perlu peralatan *material handling*. Terdapat berbagai jenis *material handling* yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, jenis *material handling* ini telah dibahas pada sub-bab sebelumnya. Biaya *material handling* untuk jenis peralatan yang menggunakan bahan bakar solar, tentu berbeda dengan daya listrik dan tenaga manual manusia.

b. Beban material yang dipindahkan, semakin berat material maka semakin besar daya *material handling* yang digunakan. Hal ini tentu saja berpengaruh

terhadap ongkos *material handling*, Biaya *material handling* akan sejajar dengan berat beban yang dipindahkan.

c. Jarak Perpindahan, semakin jauh jarak perpindahan maka semakin banyak ongkos yang dibutuhkan.

Berikut merupakan rumus dalam melakukan perhitungan biaya *material handling*

$$OMH/m = \frac{\text{Biaya Operasional}}{\text{Jarak Perpindahan}} \quad (2.1)$$

Keterangan Persamaan 2.1:

OMH/S = Ongkos *Material Handling* setiap Perpindahan Jarak (Rp/meter)

$$OMH = \text{Jarak} \times \text{Biaya} \times \text{Frekuensi} \quad (2.2)$$

Keterangan Persamaan 2.2:

OMH = Ongkos *Material Handling* (Rp)

Jarak = Perpindahan *Material* (meter)

Biaya = OMH/S = Biaya untuk setiap Jarak Perpindahan (Rp/meter)

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Satuan yang Dipindahkan}}{\text{Kapasitas Alat Angkut}} \quad (2.3)$$

## 2.6 Metode Perhitungan Jarak

Performansi hasil rancangan usulan perbaikan tata letak fasilitas dapat dinilai secara kualitatif maupun kuantitatif. Penilaian kualitatif dianggap kurang mampu membuktikan bahwa tata letak usulan telah mencapai *target*, lebih baik daripada tata letak sebelumnya. Sedangkan, penilaian secara kualitatif dapat lebih menggambarkan penilaian hasil rancangan tata letak. Terdapat tolak ukur yang jelas dalam penilaian secara kuantitatif.

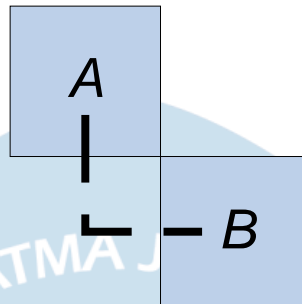
Metode perhitungan jarak menjadi salah satu penilaian kuantitatif sebagai tolak ukur tingkat keberhasilan rancangan *layout* usulan perbaikan. Melalui jarak perpindahan tersebut, dapat diketahui biaya *material handling* yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Jarak tersebut berbanding lurus dengan biaya *material handling*, semakin pendek jarak maka semakin kecil biaya *material handling*. Selain itu, jarak perpindahan menggambarkan waktu yang dibutuhkan dalam proses produksi. Terdapat empat metode pengukuran jarak menurut Tompkins, yaitu (Tompkins,2010):

### a. *Rectilinear Distance*

Metode ini menghitung jarak antara dua fasilitas departemen secara tegak lurus



dari masing-masing titik pusat fasilitas. Metode ini umumnya digunakan dalam metode perhitungan jarak antar departemen. Berikut merupakan ilustrasi perhitungan jarak dengan menggunakan metode *rectilinear distance* pada Gambar 2.6.



(Sumber: Tompkins,2010)

**Gambar 2.6. Jarak Rectiliner**

Perhitungan matematis dalam metode *rectilinear distance* dapat dilihat dalam Persamaan 2.4.

$$D_{ij} = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| \quad (2.4)$$

Keterangan Persamaan 2.4:

$D_{ij}$  = Jarak antara departemen ke-i dan ke-j

$X_i$  = Lebar koordinat x pada pusat fasilitas i

$X_j$  = Lebar koordinat x pada pusat fasilitas j

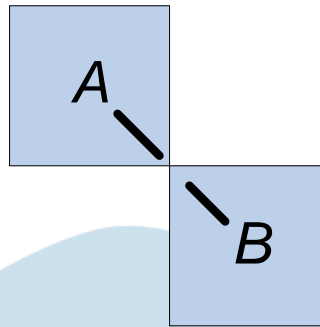
$Y_i$  = Panjang koordinat y pada pusat fasilitas i

$Y_j$  = Panjang koordinat y pada pusat fasilitas j

**b. Euclidean Distance**

Metode ini menghitung jarak linear antara dua fasilitas atau departemen yang dianggap memiliki aliran seperti garis lurus, karena itu disebut juga dengan metode *straight line*. Gambar dibawah ini merupakan ilustrasi metode *euclidean distance* pada Gambar 2.7. Perhitungan matematis dalam metode *euclidean distance* dapat dilihat dalam Persamaan 2.5.

$$D_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \quad (2.5)$$



**Gambar 2.7. Jarak Euclidean**

*c. Chebyshev Distance*

Metode ini menghitung jarak antara dua fasilitas sebagai selisih antara dua titik koordinat fasilitas. Metode perhitungan jarak ini digunakan dalam manufaktur yang memiliki material *handling* secara otomatis, dengan contoh AS/RS (*Automated Storage/Retrieval System*). Dalam sistem ini, letak penyimpanan barang sesuai dengan gerakan dan koordinat mesin secara vertikal maupun horizontal. Namun, tingkat akurasi *Chebyshev Distance* lebih rendah dibandingkan *Euclidean Distance*. Model perhitungan matematis dalam metode *Chebyshev Distance* dapat dilihat pada Persamaan 2.6

$$D_{ij} = \text{Max} [(X_i - X_j), (Y_i - Y_j)] \quad (2.6)$$

*d. Flow Path Distance*

Metode ini digunakan untuk menghitung jarak antara dua fasilitas sesuai dengan jarak sesungguhnya. Maka dari itu, metode ini umumnya disebut juga dengan metode *actual distance*. Untuk mempermudah perhitungan jarak sesungguhnya antara dua fasilitas diilustrasikan dalam *expected distance traveled*. Gambar dibawah ini merupakan ilustrasi menggunakan metode *flow path distance* pada Gambar 2.8.

Perhitungan matematis untuk metode ini dapat dilihat pada persamaan:

$$f_k = \sum_{i=1}^m p_i \cdot d_{ik} \quad (2.7)$$

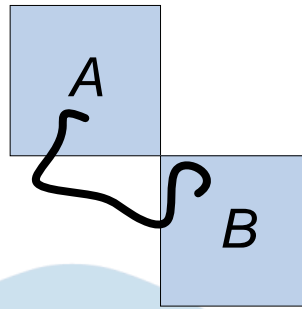
Keterangan Persamaan 2.7:

$f_k$  = *Expected Distance Traveled*

$p_i$  = Proporsi perpindahan dari titik awal (gudang) menuju ke titik  $i$

$d_{ik}$  = Jarak atau waktu yang dibutuhkan untuk perpindahan dari titik  $i$  menuju ke

lokasi penyimpanan

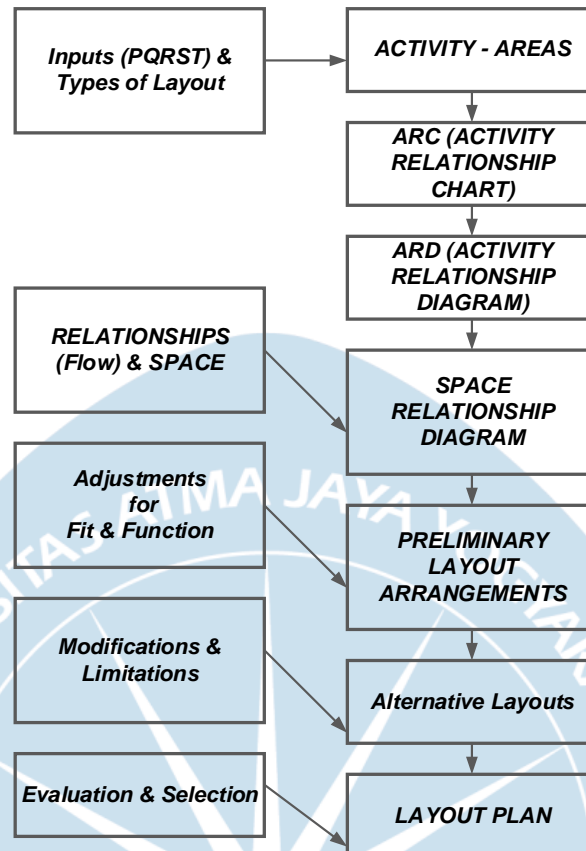


**Gambar 2.8. Jarak *Flow Path***

Setelah melakukan perhitungan jarak, maka selanjutnya adalah merancang *layout* usulan untuk meminimalkan jarak dan meningkatkan proses aliran material. Beberapa metode perancangan tata letak usulan akan dibahas pada sub bab selanjutnya

## **2.7 Metode *Systematic Layout Planning***

Metode ini merupakan metode perancangan tata letak untuk menghasilkan aliran material yang lebih efisien. Metode ini pada proses awalnya akan mempertimbangkan aliran material selama proses produksi untuk mengetahui hubungan kedekatan antar departemen. Terdapat beberapa diagram yang dibutuhkan dalam metode ini, setiap diagram memiliki fungsi masing-masing yang akan digunakan dalam perancangan *layout* dan konstruksi tata letak. Langkah pertama dari metode ini adalah mempertimbangkan hubungan aktivitas antar departemen menggunakan diagram *Activity Relationship Chart* (ARC). Setelah itu, metode ini akan menggambarkan hubungan kedekatan antar departemen secara visual melalui *Activity Relationship Diagram* (ARD). Diagram ARD dengan data kebutuhan ruang dan ruang yang tersedia menjadi input utama dalam perancangan *space relationship diagram*. Melalui diagram *space relationship* kemudian dilakukan proses penyusunan dan penyesuaian dengan luas tata letak aktual, juga terdapat pertimbangan keterbatasan dan modifikasi lainnya. Hasil dari perancangan ini merupakan alternatif tata letak usulan, yang kemudian dilakukan evaluasi dan pemilihan tata letak usulan (Muther,1973). Gambar 2.9 dibawah ini merupakan ilustrasi tahap metode perancangan tata letak *systematic layout planning*.



(Sumber: Muther,1973)

**Gambar 2.9. Metodologi Systematic Layout Planning**

Metode ini memiliki beberapa diagram yang memiliki fungsi dan kegunaan masing-masing. Diagram tersebut akan dibahas lebih lanjut pada sub sub bab berikut ini.

### **2.7.1 Activity Relationship Chart (ARC)**

ARC merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis keterkaitan antara setiap fasilitas atau kelompok kegiatan yang saling berhubungan. Melalui diagram ini, dapat diketahui derajat kedekatan antar departemen. Terdapat beberapa departemen dengan tingkat kepentingan yang tinggi dan harus diletakkan dengan posisi berdekatan atau berdampingan. Terdapat tujuh simbol kedekatan dalam ARC, yaitu A, E, I, O, U, dan X. Setiap simbol melambangkan derajat kedekatan hubungan tertentu. Simbol dan deskripsi keterangan dalam diagram ARC terlampir pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Simbol Kedekatan ARC**

Simbol	Warna	Keterangan
A	Merah	Mutlak Perlu
E	Jingga	Sangat Penting
I	Hijau	Penting
O	Biru	Kedekatan Biasa
U	Tidak Bewarna	Tidak Perlu
X	Cokelat	Tidak Diharapkan

Setiap derajat kedekatan dalam bagan ARC memiliki nilai proporsional masing-masing, perhitungan jumlah nilai proporsional derajat kedekatan menggunakan rumus:

$$N = \frac{n \times (n-1)}{2} \quad (2.8)$$

Keterangan Persamaan 2.8:

N = Jumlah Derajat Kedekatan

n = Jumlah Departemen

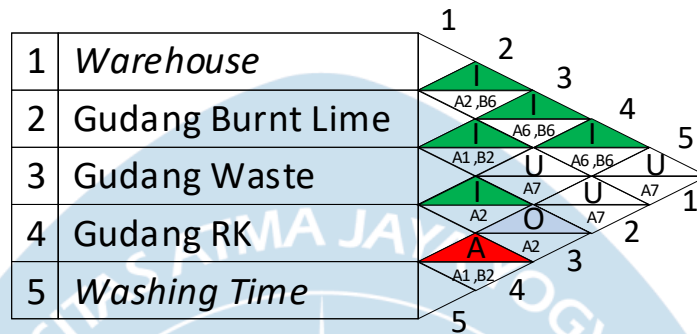
Setiap derajat kedekatan; A, E, I, O, U, dan X memiliki proporsi jumlah. A yaitu sebanyak 5% dari keseluruhan derajat kedekatan. E sebanyak 10%, I sebanyak 15%, dan O sebanyak 20%. Proses pembuatan ARC dalam menentukan derajat kedekatan perlu disertai dengan alasan seperti pada Tabel 2.2 dibawah ini merupakan contoh alasan keterkaitan dalam diagram ARC.

**Tabel 2.2. Contoh Alasan Keterkaitan Diagram ARC**

No	Alasan Keterkaitan
1	Urutan Aliran Kerja
2	Mempergunakan Peralatan yang Sama
3	Menggunakan Catatan yang Sama
4	Menggunakan Ruang yang Sama
5	Bising, Kotor, Debu, Getaran, dsb
6	Memudahkan Pemindahan Barang
7	Fasilitas Tidak Memiliki Keterkaitan

Alasan tersebut disimbolkan dengan angka yang berada dibawah simbol kedekatan. Pada hubungan *warehouse* dan gudang *burnt lime* memiliki alasan keterkaitan A2, dan B6 yaitu menggunakan peralatan yang sama dan gangguan pegawai. Setiap simbol dalam ARC memerlukan alasan keterkaitan. Pada

hubungan antara gudang RK dengan departemen *washing time* diberi indikator keterkaitan A berwarna merah. Hal ini menunjukkan bahwa kedua departemen tersebut mutlak perlu didekatkan, dikarenakan alasan A1 dan B2, yaitu urutan aliran material dan kedua fasilitas memiliki hubungan penting perlu didekatkan. Gambar 2.10 dibawah ini merupakan contoh dari *activity relationship chart*.



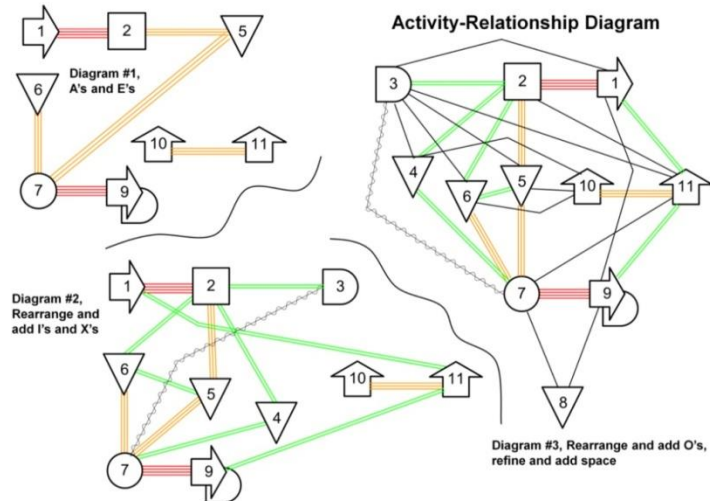
(Sumber: Muther, 1973)

**Gambar 2.10. Diagram ARC**

### 2.7.2 Activity Relationship Diagram (ARD)

Diagram ini menggambarkan keterkaitan antara departemen secara fisik. Warna dalam bagan ini sesuai dengan derajat keterkaitan pada ARC. Garis yang berwarna merah menandakan bahwa hubungan antar departemen tersebut absolut atau harus didekatkan. Garis yang berwarna kuning menandakan bahwa hubungan antar departemen tersebut sangat penting sehingga perlu didekatkan. Garis berwarna hijau menandakan bahwa hubungan antar departemen perlu didekatkan. Garis berwarna biru menandakan derajat hubungan dekat atau memiliki hubungan namun tidak harus berdekatan. Gambar 2.11 dibawah ini merupakan contoh dari diagram ARD. Departemen *warehouse* dengan *dry wing* 2 dihubungkan dengan garis berwarna merah sebagai indikator bahwa kedua fasilitas tersebut mutlak perlu didekatkan. Diagram ARD memberikan ilustrasi mengenai konstruksi perancangan tata letak yang akan diusulkan.



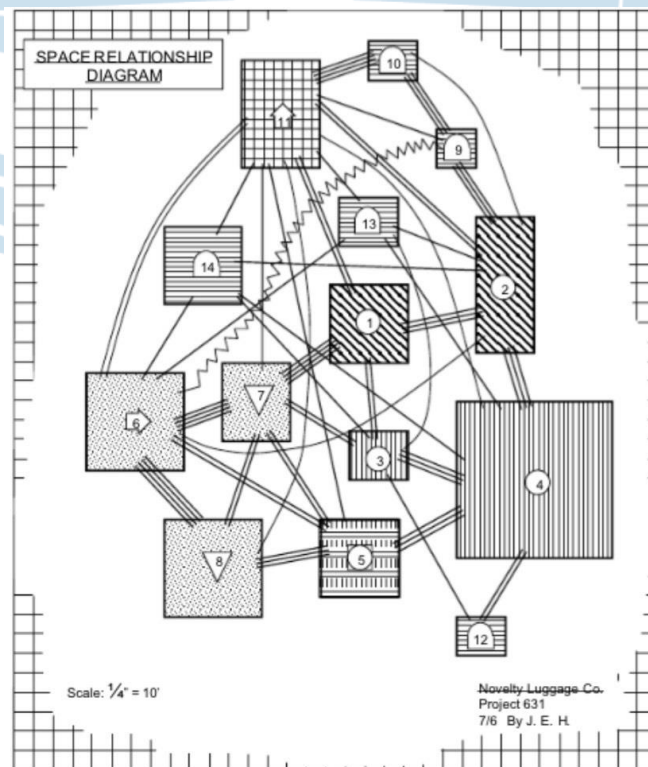


(Sumber: Muther, 1973)

**Gambar 2.11. Diagram ARD**

### 2.7.3 Space Relationship Diagram

*Space relationship diagram* pada Gambar 2.12. merupakan kelanjutan dari diagram ARD. Diagram ini digambarkan sesuai dengan luas departemen aktual. Proses penggambaran diagram ini memiliki perbandingan skala tertentu untuk mempermudah proses pembuatannya.



(Sumber: Muther, 1973)

**Gambar 2.12. Space Relationship Diagram**

## 2.8 Space Requirements

Kebutuhan ruang merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan dalam perancangan tata letak fasilitas. Desain fasilitas ini pada umumnya digunakan dalam jangka waktu 5 hingga 10 tahun ke depan (Tompkins,2010). Kebutuhan ruang ini perlu diperhitungkan agar mempermudah proses produksi dalam proses aliran material bahan baku hingga produk jadi, serta aliran keluar masuk operator. Kebutuhan ruang ini dilakukan analisis pada *workstation* hingga kebutuhan pada departemen.

### 2.8.1 Space Workstation

Kebutuhan ruang di *workstation* meliputi ruang untuk material, aliran material masuk dan keluar, untuk mesin dan peralatan serta operator. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan kebutuhan ruang di *workstation*:

- a. Meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja
- b. Memaksimalkan produktivitas
- c. Memperhatikan tingkat utilitas operator agar efektif dan efisien
- d. Operator diharuskan dapat mengambil dan meletakkan material dalam jangkauan yang dekat
- e. Meminimalkan waktu dalam penanganan material

### 2.8.1 Space Departemen

Kebutuhan ruang pada departemen tidak hanya memperhitungkan ruang yang dibutuhkan dalam *workstation*. Kebutuhan ruang juga diperlukan perhitungan alat, *material handling*, *maintenance equipment*, *plant services*, *storage area*, *operator*, *spare part* dan *kanban boards* (Tompkins,2010). *Aisle* dibutuhkan dalam penentuan ruang di dalam departemen karena terdapat penggunaan *material handling*. Luas *aisle* juga perlu diperhitungkan berdasarkan beban material atau produk *work in process*. Berikut merupakan salah satu metode menentukan *allowance aisle* menurut Tompkins (2010) pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Standar Allowance**

Beban Material Terbesar	Presentase Allowance untuk Aisle
Kurang dari 6 ft <sup>2</sup>	5 Hingga 10
Antara 6 Sampai 12 ft <sup>2</sup>	10 Hingga 20
Antara 12 Sampai 18 ft <sup>2</sup>	20 Hingga 30
Lebih dari 18 ft <sup>2</sup>	30 Hingga 40

Persentase dihitung dari keseluruhan area yang dibutuhkan untuk operator, material dan peralatan. Terdapat perhitungan untuk *aisle* yang digunakan oleh operator. *Aisle* ini digunakan untuk jalur perlintasan dan juga komunikasi. Berikut ini merupakan standar lebar jalan yang perlu diperhatikan di dalam lantai produksi (Wignjosoebroto,2009) pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Standar Lebar Jalan Lintasan**

Tipe Lalu Lintas	Lebar Material (m)	Lebar Jalan Lintasan (m)
Dua Operator Melintas dalam Dua Arah	-	1
Lintasan yang Dilewati Operator dan Kereta Dorong/ <i>Pallet</i> dalam Satu Arah/Tidak Dapat Berputar Arah	0,75	1,5
Truk Mengirim Barang dimana Operator diharuskan Berada di sekitar Truk	1,5	2
Lintasan Dilewati <i>Forklift</i> Satu Arah	1,5	2,25
Lintasan Dilewati <i>Forklift</i> Dua Arah	3	4,5
Lintasan Dilewati <i>Tractor-Trailer-Trains</i> Dua Arah	3	4,5
Lintasan dilewati <i>Mobile Cranes</i> atau Truk dengan Ukuran Besar Dua Arah	-	5

## 2.9. Algoritma Perancangan Tata Letak

Terdapat berbagai algoritma yang dapat digunakan sebagai solusi dari permasalahan tata letak. Algoritma ini dapat digunakan dalam proses perancangan tata letak, dan juga sebagai langkah perkembangan atau perbaikan. Beberapa algoritma dapat digunakan untuk mencapai tujuan keduanya. Algoritma ini berbentuk program software yang dapat langsung digunakan. Beberapa algoritma perancangan tata letak:

### a. CRAFT

Algoritma *craft* ini digunakan dengan tujuan perkembangan atau *improvement layout*. *From-to-chart* merupakan diagram yang dibutuhkan untuk proses *input CRAFT*, melalui diagram ini akan dilakukan proses perhitungan biaya. Perhitungan dasar yang digunakan dalam algoritma ini yaitu *distance-based-objective function* (Armour dan Buffa, 1963). Hasil *output* dari *craft* berupa departemen dengan bentuk persegi panjang ukuran tidak terbatas, dan bersifat diskrit. *Craft* tidak dianjurkan untuk digunakan dalam area yang berbentuk persegi panjang, karena dapat merepresentasikan *dummy*. Variabel *dummy*

digunakan untuk mengubah variabel yang bersifat kualitatif menjadi kuantitatif. Dalam prosesnya CRAFT membutuhkan input beberapa data, yaitu:

- i. *Initial Layout*, yang menunjukkan posisi setiap departemen pada tata letak awal serta ukuran
- ii. *Flow Matrix*, frekuensi perpindahan material dalam periode waktu tertentu
- iii. *Cost Matrix*, biaya yang dikeluarkan untuk setiap frekuensi perpindahan dalam satuan jarak tertentu
- iv. *Space requirement*, total luas kebutuhan ruang untuk setiap departemen.

Algoritma proses metode CRAFT (Armour and Buffa, 1963):

- i. CRAFT interchanges 2 exchange department, 3 department, 3 then 2 department, serta 2 then 3 department yang memiliki kemiripan luas area dan border.
- ii. Memperhitungkan jarak antar departmen dengan menggunakan metode perhitungan jarak yang dipilih, yaitu *rectilinear* maupun *euclidean*
- iii. Memperhitungkan *reduction* biaya dari semua kemungkinan alternatif penukaran tata letak (iterasi)
- iv. *Interchanged* departemen terpilih dengan nilai *reduction* tertinggi. Tata letak ini menjadi alternatif dari usulan tata letak.

#### b. BLOCPLAN

Algoritma ini menggunakan diagram ARC sebagai *input* data. Biaya perhitungan *layout* menggunakan perhitungan *distance-based objective* atau *adjacency-based objective* serta *REL-DIST*. Perhitungan *REL-DIST* ini memiliki *input* utama yaitu nilai kedekatan antar departemen dengan metode jarak *rectilinear*. Setelah itu nilai *REL-DIST* akan dinormalisasi menjadi nilai *R Score*

$$Rel-dist = \sum R_{ij} d_{ij} \quad (2.9)$$

Nilai  $R_{ij}$  merupakan nilai hubungan kedekatan antar departemen dan  $d_{ij}$  merupakan nilai jarak antara departemen  $i$  dan  $j$  yang didapatkan dengan metode perhitungan jarak *euclidian*.

$$R \text{ Score} = 1 - \left\{ \frac{(Rel.dist - lower \ bound)}{(Upper \ Bound - Lower \ Bound)} \right\} \quad (2.10)$$

Metode dari perhitungan *upper bound* dan *lower bound* dapat dilihat pada Persamaan 2.10 dan 2.11

$$Lower \ Bound = D_{20}S_1 + D_{19}S_2 + \dots + D_1S_{20} \quad (2.11)$$

Keterangan Persamaan 2.11:

$D_{20}$  = Nilai jarak antar departemen yang paling besar

$S_1$  = Nilai hubungan kedekatan yang paling rendah

$D_1$  = Nilai jarak antar departemen yang paling rendah

$S_{20}$  = Nilai hubungan kedekatan yang paling besar

$$Upper\ Bound = D_1 S_1 + D_2 S_2 + \dots + D_{20} S_{20} \quad (2.12)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk nilai *adjacency score*, seperti pada Persamaan 2.13

$$Adj.\ Score = \frac{\sum R_{ij} D_{ij}}{\sum R_{ij}} \quad (2.13)$$

### c. LOGIC

Algoritma ini menggunakan *from-to-chart* sebagai *input* data utama. Biaya struktur *layout* diukur dengan metode *distance-based objective*. Hasil *output* dari algoritma ini yaitu departemen persegi panjang, dan *layout* yang bersifat *continuous*. *Distance based fuction* merupakan metode yang meminimalkan jarak dan waktu aliran material. Berikut merupakan model perhitungan metode ini pada Persamaan 2.14

$$Min\ Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} C_{ij} d_{ij} \quad (2.14)$$

Keterangan persamaan 2.14:

$F_{ij}$  = *Flow* dari departemen *i* menuju ke *j*

$C_{ij}$  = *Cost Moving Unit Load*

$D_{ij}$  = Jarak departemen *i* dan *j*

### d. MULTIPLE

Sesuai dengan namanya, algoritma ini digunakan untuk bangunan yang memiliki beberapa lantai. Algoritma ini juga dapat digunakan untuk bangunan satu lantai. *Multiple* menggunakan *from-to-chart* sebagai *input* data utama, dan metode perhitungan *distance-based objective function*.

## 2.10. Pengukuran Produktivitas

Pengukuran produktivitas digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi yang dilakukan di perusahaan telah berjalan secara efektif dan efisien. Hasil perhitungan produktivitas dengan nilai yang tinggi belum tentu menunjukkan bahwa proses produksi dari perusahaan tersebut telah berjalan dengan baik.

Hasil tersebut perlu dibandingkan dengan hasil pada periode sebelumnya atau dengan perusahaan dengan proses dan produk sejenis. Jika hasil perbandingan lebih tinggi dari periode sebelumnya, maka dapat dikatakan produktivitas dari perusahaan tersebut meningkat. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk pengukuran produktivitas, yaitu metode Marvin E.Mundell dan Metode Craig Harris.

### 2.10.1 Pengukuran Produktivitas Menurut Marvin E.Mundell

Menurut Marvin E.Mundell, produktivitas dapat diukur dengan menggunakan model matematis pada Persamaan 2.15

$$IP = \frac{AOMP/RIBP}{AOMB/RIBP} \times 100\% \quad (2.15)$$

Keterangan Persamaan 2.15:

IP = Indeks produktivitas

AOMP = *Output* agregat untuk periode yang diukur

AOBP = *Output* agregat untuk periode dasar

RIMP = *Input* (tenaga kerja, material, energi) untuk periode yang diukur

RIBP = *Input* untuk periode dasar

### 2.10.2 Pengukuran Produktivitas Menurut Craig Harris

Pengukuran produktivitas oleh Craig Harris ini berhubungan dengan tingkat efisiensi perusahaan secara keseluruhan serta berorientasi pada tujuan perusahaan untuk mendapatkan *profit* maksimal. Model matematis untuk pengukuran produktivitas total menurut Craig Harris terdapat pada Persamaan 2.16.

$$IP = \frac{Qt}{L + C + R + Q} \quad (2.16)$$

Keterangan Persamaan 2.16:

Qt = *Output* total

L = *Input* tenaga kerja

C = *Input* Modal

R = *Input* raw material

Q = *Input* lainnya

Craig Harris juga menyimpulkan bahwa produktivitas dapat diukur secara parsial berdasarkan tiap jenis *input*, model matematis untuk pengukuran produktivitas parsial bahan baku terdapat pada Persamaan 2.17.



$$IP = \frac{Qt}{R} \quad (2.17)$$

Pengukuran produktivitas parsial untuk *input* tenaga kerja terdapat pada Persamaan 2.18.

$$IP = \frac{Qt}{L} \quad (2.18)$$

Pengukuran produktivitas parsial untuk *input* energi terdapat pada Persamaan 2.19. Energi dapat berupa pemakaian listrik, bensin dan sebagainya.

$$IP = \frac{Qt}{\text{Energi}} \quad (2.19)$$

Pengukuran produktivitas parsial untuk *input* modal terdapat pada Persamaan 2.20.

$$IP = \frac{Qt}{C} \quad (2.20)$$

### 2.11. **GAP Analysis**

Ardiansyah (2018) pada penelitian sebelumnya menggunakan metode *class-based storage* untuk melakukan perancangan tata letak gudang. Tujuan dari penelitian ini yaitu meminimalkan ongkos material *handling*. Pada *layout* sebelumnya operator perlu melakukan beberapa gerakan pada saat akan mengambil produk serta jarak yang jauh sehingga biaya yang ditimbulkan tinggi. Penelitian ini menggunakan rumus perhitungan ongkos material *handling* untuk membandingkan biaya material *handling* sebelum perancangan usulan tata letak dan sesudah usulan tata letak.

Muslianawati (2018) melakukan penelitian perancangan tata letak dengan tujuan meminimalkan waktu proses produksi. Waktu proses produksi yang semakin kecil akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode CRAFT dan CORELAP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CORELAP menghasilkan *layout* yang lebih efektif dan efisien karena biaya material *handling* yang dikeluarkan juga lebih minim dibandingkan dengan hasil dari metode CRAFT.

Ilmaniati (2018) melakukan penelitian perancangan tata letak untuk meminimalkan ongkos material *handling*, penelitian ini memiliki tujuan yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Cahyadi (2019) dan Nurhidayat (2021). Perbedaan dari ketiga penelitian ini adalah, Ilmaniati menggunakan metode UA-FLP, Cahyadi dkk menggunakan metode CRAFT dan Nurhidayat menggunakan

metode SLP. Persamaan dari ketiga penelitian ini adalah menggunakan metode perhitungan OMH, *From-To-Chart*, ARC. Ketiga metode tersebut dapat menghasilkan *layout* usulan yang meminimalkan biaya material *handling*, namun ketiga nya tidak dapat menjamin bahwa biaya yang dikeluarkan merupakan yang terendah.

Riani (2018) melakukan penelitian mengenai pengukuran produktivitas dengan menggunakan metode Craig Harris dan Mundell. Hasil dari penelitian adalah metode Mundell lebih tepat digunakan pada perusahaan yang mengalami perubahan signifikan selama periode tahun dasar dan tahun terukur. Rosita (2020) melakukan perancangan fasilitas tata letak dengan metode SWS dan *line balancing* untuk meningkatkan produktivitas. Hasil dari penelitian disimpulkan bahwa metode *line balancing* tepat digunakan pada perusahaan yang mengalami *bottle neck* pada stasiun atau mesin tertentu. Penelitian yang akan dilakukan oleh saya, Alexander merupakan perancangan tata letak fasilitas pabrik dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas serta meminimalkan ongkos material *handling*. Penelitian ini akan dilakukan dengan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) dan dibantu oleh software BLOCPLAN. Pengukuran produktivitas akan dilakukan dengan menggunakan metode Mundell, yang membandingkan produksi dari *layout* awal dengan menggunakan manual material *handling* dengan produksi dari *layout* usulan dengan menggunakan material *handling* crane. Perhitung biaya material *handling* dilakukan dengan rumus OMH. Tabel 2.5. dibawah ini merupakan tabel rekapitulasi *GAP Analysis* penelitian sebelumnya.

**Tabel 2.5. Gap Analysis Penelitian Sebelumnya**

No	Peneliti	Deskripsi		
		Tujuan Penelitian	Metode yang Digunakan	Hasil
1	Andriansyah dkk (2018)	Redesain Tata Letak Gudang untuk Meminimalkan Ongkos <i>Material Handling</i>	Rumus Perhitungan OMH Diagram ARC ( <i>Activity Relationship Diagram</i> ) <i>Class-Based Storage</i>	Metode <i>class-based storage</i> dapat meminimalkan ongkos material <i>handling</i> dan ruang penyimpanan barang
2	Muslianawati (2018)	Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi untuk Meminimalkan Waktu Proses Produksi	Metode CRAFT Metode Corelap Rumus Perhitungan OMH	Hasil perhitungan biaya material <i>handling</i> dengan metode CORELAP lebih rendah dibandingkan dengan hasil metode CRAFT
3	Ilmaniati (2018)	Perancangan Usulan Perbaikan Tata Letak yang Bertujuan untuk Optimalisasi Jarak dan Meminimalkan Ongkos <i>Material Handling</i>	Rumus Perhitungan OMH Diagram <i>From-To Chart</i> Diagram ARC <i>Unequal-Area Facility Layout Problem (UA-FLP)</i>	Metode UA-FLP dapat digunakan untuk me optimalkan aliran material dan meminimalkan ongkos material <i>handling</i>
4	Riani (2019)	Analisis Produktifitas Sentra Industri Tepung Tapioka	Metode Perhitungan Produktivitas Mundell Metode Perhitungan Produktivitas Craig Harris	Metode perhitungan Mundell berbasis pada indeks rasio antara produktivitas periode dasar dan berlaku, sedangkan metode craig harris berbasis selisih antara kedua periode

**Tabel 2.5. Gap Analysis Penelitian Sebelumnya Lanjutan**

No	Peneliti	Deskripsi		
		Tujuan Penelitian	Metode yang Digunakan	Hasil
5	Cahyadi dkk (2019)	Perancangan Tata Letak Usulan untuk Meminimalkan Ongkos <i>Material Handling</i>	Rumus Perhitungan OMH <i>Computerized Relative Allocation Of Facilities Techniques (CRAFT)</i>	Metode CRAFT dapat menghasilkan solusi yang optimal dengan hanya mengubah beberapa fungsi fasilitas, namun tidak menjamin biaya yang dikeluarkan oleh <i>layout</i> usulan yang terendah
6	Setiawan (2019)	Perancangan Tata Letak Pabrik dan Kantor untuk CV.Antham Toys	<i>BOM, MPCC, Routing Sheet MHPS, Material Handling Cost Graph Based Construction</i> ARC AHP	Metode <i>Graph Based Construction</i> dengan perhitungan jarak <i>rectilinear</i> merupakan metode yang efektif untuk perancangan tata letak, serta metode AHP digunakan untuk menentukan lokasi pabrik yang tepat
7	Rosita dkk (2020)	Perancangan Perbaikan Tata Letak untuk Meningkatkan Produktivitas	Peta Kerja <i>Work Sheet (SWS)</i> Metode <i>Line Balancing</i>	Metode <i>Line Balancing</i> dapat meningkatkan produktivitas dan meminimalkan waktu produksi
8	Nurhidayat (2021)	Perbaikan Tata Letak Fasilitas di PT DSS untuk meminimalkan ongkos material <i>handling</i>	Metode <i>Systematic Layout Planning (SLP)</i> Rumus Perhitungan OMH	Metode SLP dapat meminimalkan biaya material <i>handling</i> hingga 32% dari biaya awal di PT DSS
9	Alexander (2021)	Perancangan Perbaikan Usulan Tata Letak untuk Meningkatkan Produktivitas dan Meminimalkan Ongkos <i>Material Handling</i>	Rumus Perhitungan OMH Metode <i>Systematic Layout Planning (SLP)</i> Pengukuran Produktivitas Marvin E.Mundell	Diharapkan dapat meminimalkan ongkos material <i>handling</i> dan memaksimalkan produktivitas