

## BAB II

### LANDASAN TEORI

Dalam menentukan suatu masalah sebelumnya diperlukan teori-teori yang nantinya akan digunakan untuk menyelesaikan atau memecahkan masalah tersebut. Teori-teori itulah yang akan dijadikan landasan dalam menentukan langkah-langkah masalah tata letak fasilitas produksi di PT. Indomulyt Jaya Steel.

#### 2.1. Perencanaan dan pengaturan tata letak fasilitas.

Tata letak fasilitas adalah suatu perencanaan yang terintegrasi dari aliran atau arus komponen-komponen suatu produk (barang dan atau jasa) di dalam sebuah sistem operasi (manufaktur dan atau non manufaktur) guna memperoleh interelasi yang paling efektif dan efisien antara pekerja, bahan, mesin dan peralatan serta penanganan dan pemindahan bahan, barang setengah jadi, dari bagian yang satu ke bagian yang lainnya.

Perencanaan dan pengaturan tata letak fasilitas pabrik merupakan suatu landasan utama dalam dunia industri sebab dengan perencanaan dan pengaturan yang baik, diharap efisiensi dan kelangsungan hidup serta kesuksesan kerja suatu industri dapat terjaga.

Hal ini berhubungan dengan perencanaan dan pengaturan tata letak adalah perpindahan bahan *material handling*. Proses perpindahan bahan merupakan suatu yang penting karena aktifitas ini akan menentukan hubungan atau keterkaitan antara suatu fasilitas produksi yang lain atau antar departemen.

##### 2.1.1. Tujuan perencanaan tata letak fasilitas

Tujuan umum perencanaan tata letak fasilitas adalah bagaimana mengatur suatu daerah kerja, peralatan dan perlengkapan, sehingga dapat beroperasi secara ekonomis, aman serta memuaskan baik itu bagi pekerja maupun bagi pelanggan.

Tujuan khusus perencanaan tata letak fasilitas adalah :

1. Menaikan output produksi  
Suatu tata letak yang baik akan memberikan keluaran (*output*) yang lebih besar dengan biaya yang sama atau lebih sedikit, *manhours* yang lebih kecil, dan/atau mengurangi jam kerja mesin (*machine hours*).
2. Mengurangi waktu tunggu (*Delay*)  
Mengatur keseimbangan antara waktu operasi produksi dan beban dari masing-masing departemen/mesin secara terkoordinir dan terencana baik akan dapat mengurangi waktu tunggu (*delay*) yang berlebihan
3. Mengurangi proses pemindahan bahan (*Material Handling*)  
Untuk merubah bahan menjadi produk jadi, maka akan memerlukan aktivitas pemindahan (*movement*) sekurang-kurangnya 1 dari 3 elemen dasar sistem produksi yaitu: bahan baku, orang atau pekerja, atau mesin dan peralatan produksi. Bahan baku akan lebih sering dipindahkan dibandingkan dengan dua elemen dasar produksi lainnya. Pada beberapa kasus maka biaya untuk proses pemindahan bahan ini bisa mencapai 30% sampai 90%.
4. Penghematan penggunaan areal untuk produksi, gudang dan *service*.  
Jalan lintas, material yang menumpuk, jarak antara mesin-mesin yang berlebihan, dan lain-lain semuanya akan menambah area yang dibutuhkan untuk pabrik. Suatu perencanaan tata letak yang optimal akan mengatasi segala pemborosan pemakaian ruangan tersebut .
5. Meningkatkan utilitas mesin, tenaga kerja, dan atau fasilitas produksi lainnya.  
Faktor pemanfaatan mesin, tenaga kerja, dan lain-lain erat kaitannya dengan biaya produksi. Suatu tata letak yang

terencana dengan baik akan mengurangi investasi yang tidak perlu dalam hal penggunaan dan pemeliharaan mesin, dan atau fasilitas produksi lainnya.

6. Mengurangi *Inventory in process*

Sistem produksi pada dasarnya menghendaki sedapat mungkin bahan baku untuk berpindah dari satu operasi langsung ke operasi berikutnya dengan cepat dan berusaha mengurangi bertumpuknya bahan setengah jadi (*material in process*).

7. Proses *manufacturing* yang lebih singkat

Dengan memperpendek jarak antara operasi satu dgn yg lain dan mengurangi bahan yang menunggu serta *storage* yg tidak diperlukan, maka waktu yang diperlukan dari bahan baku utk berpindah dari satu tempat ketempat yang lainnya dalam pabrik akan bisa diperpendek sehingga secara total waktu produksi akan dapat pula diperpendek.

8. Mengurangi resiko bagi kesehatan dan keselamatan kerja dari operator

Perencanaan tata letak fasilitas atau pabrik ditujukan untuk membuat suasana kerja yang nyaman dan aman bagi pekerja didalamnya. Hal-hal yang bisa dianggap membahayakan bagi kesehatan dan keselamatan kerja dari operator harus dihindari.

9. Memperbaiki moral dan kepuasan kerja

Perancangan tata letak fasilitas atau pabrik yang baik akan menciptakan suasana lingkungan kerja yang menyenangkan sehingga moral dan kepuasan kerja akan dapat lebih ditingkatkan. Hasil positif dari kondisi ini tentu saja berupa performansi kerja yang lebih baik dan menjurus kearah peningkatan produktivitas kerja.

10. Mempermudah aktivitas supervisi

Tata letak fasilitas atau pabrik yang baik akan mempermudah aktivitas supervisi. Misal, dengan meletakkan kantor atau

ruangan diatas, maka seorang supervisor dapat dengan mudah mengamati segala aktivitas yang sedang berlangsung di area kerja dibawah pengawasan dan tanggung jawabnya.

11. Mengurangi kemacetan dan kesimpang-siuran material yang menunggu, gerakan pemindahan yang tidak perlu, serta banyaknya perpotongan (*intersection*) dari lintasan yang ada akan menyebabkan kesimpang-siuran yang akhirnya akan membawa kearah kemacetan aliran produksi

#### 2.1.2. Pertimbangan dalam perencanaan tata letak fasilitas

Tata letak yang baik harus mempertimbangkan :

1. Peralatan penanganan material
2. Persyaratan ruang dan kapasitasnya
3. Lingkungan dan keserasian (*aesthetics*)
4. Kelancaran arus informasi
5. Biaya pemindahan (*cost of moving*) antar area kerja yang satu dengan lainnya

#### 2.1.3. Prinsip Dasar Perencanaan Tata Letak Fasilitas.

##### 1. *Principle of Overall Integration*

Tata letak yang baik dan benar adalah apabila dapat mengintegrasikan segenap tenaga kerja, bahan, mesin, peralatan serta perlengkapan lainnya dalam suatu cara tertentu sehingga dapat menghasilkan interelasi yang harmonis.

##### 2. *Principle of Minimum Distance Movement*

Tata letak fasilitas yang baik dan benar adalah apabila pergerakan tenaga kerja, bahan, barang setengah jadi dan atau barang jadi dari bagian yang satu ke bagian lainnya dengan jarak tempuh yang sependek mungkin.

3. *Principle of Work Flow*

Tata letak yang baik dan benar adalah apabila dapat mengatur sedemikian rupa sehingga memungkinkan pergerakan bahan, barang setengah jadi, dan atau barang jadi diantara bagian yang satu dengan bagian lainnya (stasiun kerja) secara cepat dan lancar, serta tanpa halangan yang berarti.

4. *Principle of Maximum Space Utilization*

Tata letak fasilitas yang baik dan benar adalah apabila segenap ruangan yang ada telah dipergunakan secara efektif dan efisien baik secara vertikal maupun horizontal.

5. *Principle of Satisfaction and Safety*

Tata letak fasilitas yang baik dan benar adalah apabila yang membuat puas dan memberikan rasa aman tidak menimbulkan kecelakaan bagi para pekerjanya ketika bekerja dilingkungan tempat mereka

6. *Principle of Flexibility*

Tata letak fasilitas yang baik dan benar adalah apabila disusun sedemikian rupa sehingga luwes terhadap penyesuaian-penyesuaian akibat perubahan dalam hal tingkat keluaran yang dihasilkan, proses operasi yang baru, dan lain sebagainya yang dapat meminimalisasikan biaya operasi produksi.

Mendefinisikan tata letak pabrik sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas dengan memanfaatkan luas area seoptimal mungkin guna menunjang kelancaran proses produksi. Pengaturan tata letak yang baik dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi sehingga kapasitas dan kualitas produk yang direncanakan dapat dicapai dengan tingkat biaya yang paling ekonomis.

Ada empat macam tipe tata letak yang umum diaplikasikan dalam desain layout (Wignjosoebroto.S, 1996). Yaitu:

1. *Product Layout*

*Product layout* didefinisikan sebagai metode pengaturan dan penempatan semua produksi yang diperlukan untuk membuat satu jenis produk ke dalam satu departemen secara khusus. Dengan tata letak ini suatu produk akan dapat dikerjakan sampai selesai di dalam departemen tersebut tanpa harus dipindahkan ke departemen lain. Jenis tata letak ini biasa digunakan oleh pabrik yang memproduksi produk dengan variasi kecil tetapi volume produksinya besar.

2. *Process Layout*

*Process layout* atau tata letak berdasarkan fungsi atau macam proses merupakan metode pengaturan dan penempatan segala jenis mesin serta fasilitas produksi lainnya yang memiliki jenis yang sama ke dalam satu departemen. Tata letak berdasarkan proses ini biasanya digunakan pada industri manufaktur yang bekerja berdasarkan *job order*. Industri semacam ini volume produksinya relatif kecil, namun variasinya cukup besar, sehingga tata letak tipe ini akan terasa lebih fleksibel dalam memenuhi order-order yang bervariasi.

3. *Product Family Layout (Group Technology Layout)*

Tata letak berdasarkan kelompok produk (*product family layout group technology layout*) adalah sebuah konsep untuk mengorganisasi sumber daya manufaktur untuk meningkatkan produktivitas. Tata letak tipe ini didasarkan pada pengelompokan produk atau komponen yang akan dibuat. Produk-produk yang tidak identik dikelompokkelompokkan berdasarkan langkah-langkah pemrosesan. Bentuk,

mesin, atau peralatan yang dipakai dan sebagainya. Disini pengelompokan tidak didasarkan pada kesamaan jenis produk akhir.

#### 4. *Fixed Position Layout*

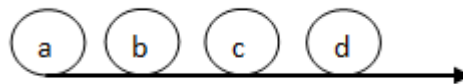
Untuk tata letak pabrik yang berdasarkan proses tetap, material atau komponen produk-produk yang utama akan tinggal tetap pada posisi atau lokasinya sedangkan fasilitas produksi seperti tools, mesin, manusia serta komponen kecil lainnya akan bergerak menuju lokasi material atau komponen produk utama.

### 2.3. Pola Aliran Pemindahan Bahan

Pola aliran bahan dipakai untuk pengaturan aliran bahan dalam proses produksi pada setiap suatu pabrik, antara lain:

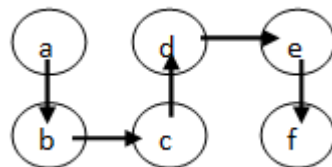
#### 1. Garis lurus (*straight line*)

Pola aliran berdasarkan garis lurus umum dipakai jika proses produksinya pendek, relatif sederhana dan hanya mengandung sedikit komponen atau beberapa peralatan.



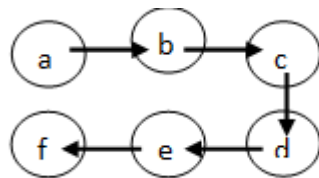
#### 2. Serpentine atau zig-zag

Pola aliran ini diterapkan jika lintasan lebih panjang dari ruangan yang dapat dipergunakan (luas area yang tersedia). Aliran bahan akan dibelokkan untuk menambah panjangnya garis aliran yang ada dan secara ekonomis hal ini akan dapat mengatasi segala keterbatasan dari area, bentuk, dan ukuran dari bangunan dari pabrik yang ada.



### 3. Bentuk U (*U- Shapen*)

Pola aliran yang digunakan bila akhir dari proses produksi akan berada pada lokasi yang sama dengan awal produksinya. Hal ini akan mempermudah pemanfaatan fasilitas transportasi dan sangat mempermudah pengawasan untuk keluar masuknya material dari dan menuju pabrik.



#### 1.4. Langkah-langkah dalam perencanaan *Layout* pabrik

Merencanakan *layout* pabrik memerlukan langkah-langkah awal pengerjaannya. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut: (Sritomo Wignjosoebroto, 1992 : 58)

##### 1.4.1. Analisa produk

Adalah aktifitas untuk menganalisa macam dari produk yang harus dibuat. Analisa dilakukan dengan cara memecahkan produk akhir menjadi komponen-komponen pembentukan produk tersebut secara detail. Untuk maksud ini maka pelaksanaan dilakukan dengan jalan membuat suatu daftar komponen (*part list*) suatu produk. Berdasarkan *part list* ini akan didapat suatu informasi mengenai masing-masing komponen yang antara lain:

- a. Nomor komponen termasuk pula disini nomor kerjanya.
- b. Nama dari komponen tersebut
- c. Jumlah dari komponen per unit produk yang ada.

##### 1.4.2. Analisa proses

Analisa proses merupakan langkah untuk menganalisa macam-macam pengerjaan proses produksi atau komponen yang telah ditetapkan untuk dibuat.



Beberapa simbol standart dibuat untuk keperluan peta keperluan peta proses yang menggambarkan jenis aktifitas umum yang dijumpai dalam proses produksi simbol ini dibuat oleh ASME (*American Society Of Engineers*)

#### 1.4.2.1. Peta proses operasi

Peta proses operasi akan menunjukkan langkah-langkah secara kronologis dari semua operasi, inspeksi, waktu longgar dari bahan baku sampai proses *finishing* atau pengepakan dari produk yang dihasilkan. Peta proses operasi pada dasarnya dirancang untuk memberikan pemahaman yang cepat dari kegiatan-kegiatan operasi yang harus diselenggarakan untuk membuat suatu produk lengkap.

Untuk membuat peta proses operasi ada dua simbol yang digunakan, yaitu simbol lingkaran yang menunjukkan aktifitas operasi dan simbol persegi menunjukkan aktifitas inspeksi.

Garis vertikal akan menggambarkan aliran umum dari proses yang dilaksanakan pada pembuatan proses ini, sedangkan garis horizontal yang menuju kearah vertikal menunjukkan adanya material yang akan bergabung dengan komponen yang dibuat.

Dengan adanya informasi-informasi yang bisa dicatat melalui peta operasi, banyak manfaat yang bisa duperoleh yaitu dengan diketahuinya:

- a. Urutan proses yang harus dilakukan.
- b. Hubungan antar komponen.
- c. Data kebutuhan bahan baku.

#### 1.4.2.2. Analisa luas area produksi yang dibutuhkan.

Ada tiga macam area yang harus diberikan atau diperhatikan pengadaannya, yaitu: (Sritomo Wignjosoebroto, 1992:99-100)

- a. Area untuk operasi dari mesin atau peralatan produksi.
- b. Area untuk penyimpanan bahan baku atau bahan jadi.
- c. Area untuk fasilitas-fasilitas servis.

Perencanaan ruangan diperlukan suatu kelonggaran (*allowance*) untuk ruangan antara mesin dan operator, *work in process storage* dan juga kelonggaran yang ditujukan untuk mempermudah proses pemindahan bahan serta perawatan (*maintenance*). Area untuk penyimpanan material harus didasarkan pada dimensi fisik dari pada material atau produk yang akan disimpan dan fasilitas pemindahan bahan yang dioperasikan. (Sritomo Wignosoebroto ).

#### 1.4.3. Pengembangan alternatif tata letak.

Didalam pengembangan alternatif *layout* untuk kemudian dipilih salah satu alternatif *layout* yang terbaik akan dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Apabila ekonomis yang didasarkan pada macam type *layout* yang dipilih.
- b. Perencanaan pola aliran material yang harus bergerak pindah dari satu proses kerja ke proses kerja lainnya.
- c. Pertimbangan-pertimbangan yang berhubungan dengan luas area yang tersedia.
- d. Analisa aliran material yang memperhatikan volume, frekuensi, dan jarak perpindahan material. Analisis kuantitatif maupun kualitatif perlu dilakukan guna memperoleh tata letak mesin dan fasilitas produksi yang memberikan *total material handling cost* seminimum mungkin.

#### 1.4.4. Perencanaan tata letak mesin.

Hasil dari analisa terhadap alternatif *layout*, selanjutnya dipakai sebagai dasar fasilitas fisik dari pabrik yang terlibat dalam proses produksi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penempatan-penempatan departemen penunjang (*office, storage, personnel, facilities, parking area* dan lain-lain) serta pengaturan tata letak

departemen masing-masing akan didasarkan pada kebutuhan, struktur organisasi yang ada dan derajat hubungannya.

#### 1.4.5. Sigi dan analisa pasar

Mengidentifikasi macam dan jumlah produk yang dibutuhkan oleh konsumen. Informasi ini digunakan untuk menentukan kapasitas produksi yang berikutnya dapat memberi keputusan tentang banyaknya mesin dan fasilitas produksi yang diperlukan.

#### 1.4.6. Analisa macam dan jumlah mesin atau *equipment* dan luas area yang dibutuhkan.

Dengan memperhatikan volume produk yang akan dibuat, waktu standard, jam kerja dan efisiensi mesin maka jumlah mesin dan fasilitas yg diperlukan (juga operator) dapat dihitung. Untuk selanjutnya luas area, stasiun kerja, kebutuhan area, jalan lintasan dapat di tentukan agar proses berlangsung dengan lancar.

### 2.5. *Group Technology*

*Group Technology* adalah suatu konsep pengelompokan *part* atau komponen yang akan dibuat berdasarkan kesamaan desain produk, perencanaan proses, fabrikasi, perakitan dan pengendalian produksi dengan tujuan untuk mengurangi waktu siklus dan jarak *material handling* (Dani,2002).

Pendekatan *Group Technology* dalam sistem manufaktur pertama kali diperkenalkan oleh Mitrofanov (1966) dan Burdidge (1971). Penerapan konsep *Group Technology* dalam manufaktur disebut *cellular manufacturing system* (CMS). Sehingga *cellular manufacturing system* dapat dikatakan sebagai suatu strategi untuk memenangkan persaingan global dengan mengurangi biaya produksi, peningkatan kualitas dan pengurangan waktu pengiriman produk dalam lingkungan pasar dengan tingkat variasi tinggi tetapi tingkat permintaan menengah.

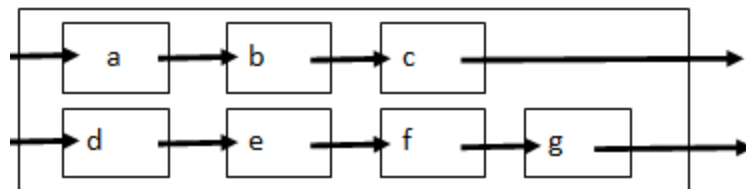
Suatu perusahaan yang menerapkan konsep *cellular manufacturing system* akan mengelompokkan komponen- komponen produk ke dalam sebuah *family* yang disebut *part family* dan membentuk sel yang terdiri dari mesin- mesin dan pekerja-pekerja yang dibutuhkan untuk memproduksi *part family* tersebut.

### 2.5.1. Macam-macam *Group Technology layout*

*Group Technology layout* dibagi menjadi tiga kategori yaitu (Singh, 1996):

#### 1. *Group Technology Flow Line Layout*

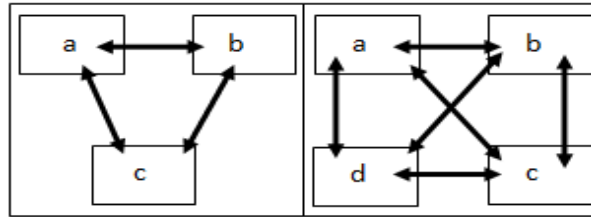
Tipe layout ini digunakan ketika semua komponen pada group mengikuti aturan mesin yang sama. *Group Technology flow line* beroperasi seperti *mixed-product system* jalur perakitan. Mekanisme transfer perakitan terkadang digunakan untuk penanganan komponen di dalam group.



Gambar 2.1. *Group Technology Flow Line Layout*

#### 2. *Group Technology Cell Layout*

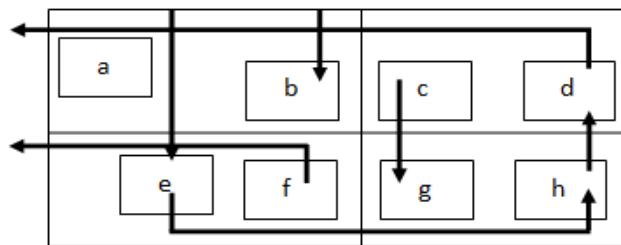
Pada *Group Technology Cell Layout* mengizinkan komponen bergerak/pindah dari mesin yang satu ke mesin yang lain. Hal ini sangat berbeda dengan *Group Technology Flow Line* di mana komponen-komponen di dalam group mengikuti urutan mesin yang sama. Mesin-mesin pada *Group Technology Cell Layout* diletakkan berdekatan untuk mengurangi pergerakan penanganan material.



Gambar 2.2. *Group Technology Cell Layout*

### 3. *Group Technology Center Layout*

Tipe *Layout* ini didasarkan pada penyusunan mesin. Penyusunan ini dapat meningkatkan perubahan penanganan material dan sesuai pada saat *product-mix* sering berubah.



Gambar 2.3. *Group Technology Center Layout*

#### 2.5.2. Keuntungan penerapan *group technology layout*

##### 1. Pengurangan waktu setup.

Suatu sel manufaktur dirancang untuk mengerjakan part-part yang memiliki kesamaan bentuk ataupun proses. Pada sel tersebut, part-part dapat dikerjakan dengan menggunakan alat bantu (*fixture*) yang sama, sehingga waktu untuk mengganti alat bantu maupun peralatan lainnya dapat dikurangi.

##### 2. Pengurangan ukuran lot.

Jika waktu setup dapat dikurangi, maka ukuran lot yang kecil menjadi mungkin dan ekonomis. Ukuran lot yang kecil juga dapat membuat aliran produksi lebih lancar.

3. Pengurangan *work-in-process* (WIP) dan persediaan barang jadi.

Jika waktu setup dan ukuran lot menjadi kecil maka jumlah WIP dapat dikurangi. Part-part dapat diproduksi menggunakan konsep *just-in-time* (JIT) dengan ukuran lot yang kecil sehingga waktu penyelesaiannya lebih cepat.

4. Pengurangan waktu dan ongkos *material handling* (OMH).

Pada tata letak seluler, tiap part diproses seluruhnya dalam satu sel (jika dimungkinkan). Oleh karena itu, waktu dan jarak perpindahan part antar sel lain menjadi minimal.

5. Perbaiki kualitas produk.

Oleh karena part-part berpindah dari stasiun kerja satu ke stasiun kerja yang lainnya dalam unit yang tunggal dan diproses dalam area yang relatif kecil, maka penjadwalan dan pengendalian job akan lebih mudah. Masukan terhadap perbaikan akan lebih cepat dan proses dapat dihentikan jika terjadi kesalahan.

## 2.6. Pembentukan *Production Flow Analisis* (PFA)

Untuk dapat mengidentifikasi *part family* dipergunakan *Production Flow Analisis* (PFA) disebut juga *incident matrix* yang merupakan suatu prosedur sistematis yang menganalisa informasi dari rute proses pembuatan part. PFA menampilkan informasi tentang jenis mesin yang dibutuhkan oleh tiap komponen saat kegiatan produksi dalam bentuk matrik.

*Production Flow Analisis* ini terdiri atas masukan 0 dan 1, di mana (1) menunjukkan bahwa *part* memerlukan pemrosesan dalam suatu mesin yang bersangkutan dan (0) menunjukkan bahwa mesin tidak digunakan untuk pemrosesan *part* yang bersangkutan.

Adapun langkah-langkah PFA sebagai berikut :

- a. Daftar semua *part* yang akan dibuat secara horizontal.
- b. Daftar semua mesin yang digunakan untuk memproses *part* tersebut secara vertikal.

- c. Isikan angka 1 pada koordinat pertemuan antara *part* dengan mesin bila *part* yang bersangkutan diproses di mesin tersebut .

Tabel 2.1. *incident matrik Production Flow Analisis*

mesin \ part	1	2	3	4	5
1	1	0	1	0	0
2	0	1	1	0	1
3	1	0	0	1	0
4	0	0	1	0	1

Sumber : Singh, 1996

## 2.7. Pembentukan Sel Manufaktur

*Heuristic Similarity Coefficient* adalah suatu teknik pemecahan masalah yang didasarkan pada pengalaman/intuisi bukan optimasi. Dalam pengolahan data, perhitungan mencari sel manufaktur digunakan Algoritma *Heuristic Similarity Coefficient* dan menggunakan perhitungan jarak *euclidien*:

### a. *Single Linkage Clustering (SLC)*

Metode ini menggunakan prinsip jarak minimum yang diawali mencari suatu objek yang terdekat dan keduanya membentuk *cluster* yang pertama.

Pada langkah selanjutnya terdapat dua kemungkinan yaitu:

1. Objek ketiga akan bergabung dengan *cluster* yang telah terbentuk.
2. Dua objek lain akan membentuk *cluster* baru. Proses ini akan berlanjut sampai akhirnya terbentuk *cluster* tunggal. Tahap awal metode ini adalah menghitung *similarity coefficient* terhadap *incident matrix* yang telah dibuat. *Incident matrix* tersebut berisi data hubungan mesin part dengan menggunakan persamaan *coefficient jaccard* seperti rumus di bawah ini:

$$smn = \frac{a}{a+b+c}, 0 \leq smn \leq 1,0 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

a = Banyak *part* yang sama

$b = \text{Part}$  yang pakai mesin  $m$

$c = \text{Part}$  yang pakai mesin  $n$

$$S_{tv} = \text{Max} \{S_{mn}\} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

$S = \text{Similarity}$  (kemiripan)

$t = \text{mesin group } t$

$v = \text{mesin group } v$

#### b. *Complete Linkage Clustering (CLC)*

Pada metode ini digunakan kombinasi dua *cluster* yang mempunyai kesamaan nilai minimum, dari kesamaan nilai maximum pada SLC. Seperti pada persamaan berikut ini:

$$S_{tv} = \text{Min} \{S_{mn}\} \dots \dots \dots (3)$$

Langkah pertama metode ini sama dengan metode *Single Linkage Clustering*. Kemudian menghitung dan menggabungkan kedua mesin dalam satu grup baru.

#### c. *Average Linkage Clustering (ALC)*

Metode ini menggunakan prinsip bukan jarak. Jarak yang digunakan adalah rata-rata antar tiap pasangan objek yang mungkin. Ketika *cluster*  $t$  dan  $v$  digabungkan, hasil pengclusteran similaritas antara dua cluster itu adalah :

$$A_{Stv} = \frac{\sum_{m \in t} \sum_{n \in v} S_{mn}}{N_t \times N_v} \dots \dots \dots (4)$$

$N_t$  dan  $N_v$  adalah angka pada masing- masing group  $t$  dan  $v$ .

Tahap awal pengerjaan dengan menggunakan metode *average linkage clustering* hampir sama dengan *single linkage clustering*. Untuk mendapatkan *Jaccards similarity coefficient matrix* digunakan rumus dasar *jaccards similarity coefficient*, kemudian dibuat *matrixnya*, dilanjutkan



dengan meng*cluster* rata-rata pasangan objek yang mungkin dengan menggunakan pengamatan di atas. Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam tabel *jaccard similarity coefficient* yang kemudian terjadi pengelompokan *cluster* baru sesuai dengan nilai yang didapat sesuai dengan metode *average linkage clustering*.

## 2.8. Penentuan cell manufaktur

Dalam penentuan banyaknya cell yang optimal menggunakan program MINITAB, Minitab merupakan salah satu paket program pengolahan data statistik yang sangat baik dan digemari oleh statistisi maupun ahli teknik.

Minitab memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan paket program lainnya. Kemampuan dan ketangguhan paket program ini meliputi hampir semua alat analisis statistik yaitu : *Basic Statistics yang meliputi : Descriptive, 1 sample dan Paired parametric test, Proportion, correlation, Covariance dan Normality, Regression yang meliputi : linear regression, stepwise, best subset, fitted line plot dan logistic regression.*

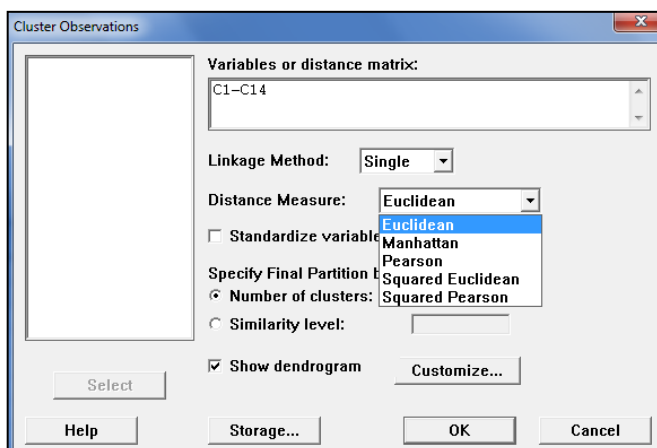
Ketangguhan lain adalah ANOVA yang sangat lengkap, *Design Of Experiment (DOE)* yang dilengkapi dengan metode *Taguchi, Control Chart, Quality tools dan Reliability* yang meliputi seluruh metode pengendalian kualitas dan reliabilitas. Multivariate Analysis dengan metodenya analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*), Analisis Faktor, Analisis Kluster dan Analisis Deskriminan sungguh sangat berarti bagi penyelesaian masalah analisis multivariat.

Disamping itu, analisis *time series* yang sangat komplit yaitu *analisis trend, dekomposition, moving average, smoothing, winters* dan metode ARIMA sangat cukup untuk analisis data berkala runtun waktu. Metode nonparametrik juga sangat lengkap, terdiri dari uji tanda (*sign test*), *Wilcoxon Test, Mann Whitney Test, Kruskall Walls, Mood's Median Test, Friedmann, Runs Test, Pairwised Average, Difference dan Slope.*

Minitab memiliki keunggulan lain berupa kemudahan untuk pengoperasiannya. Sehingga sangat membantu penyelesaian masalah statistic bagi siapa saja, tidak peduli apakah ia sudah mahir komputer atau belum. Cukup dengan sedikit latihan sudah dapat menyelesaikan permasalahannya. Disamping itu, informasi yang disajikan oleh Minitab sangat banyak dan lengkap.

Berikut ini cara pengoperasian program minitab

1. Masukkan data
2. Klik stat, sorot multivariate selanjutnya di klik, sorot ke *cluster observation*, klik
3. *Select variabel*
4. Pilih metode *linkage clustering*, *distace measure*, klik show dendogram.
5. klik OK



Gambar 2.4. Perintah di dalam program minitab

## 2.9. Analisis Cluster

Analisis *cluster* berhubungan dengan pengelompokan obyek menjadi kelompok homogen berdasarkan ciri-ciri obyek. Penerapan analisis *cluster* pada *Group Technology* adalah pengelompokan *part* menjadi *part family* dan sel-sel mesin dengan meminimasi jarak. Jarak yang dimaksud adalah jarak kemiripan spesifikasi antar *part* yang pada tahap sebelumnya telah direpresentasikan melalui digit-digit kode.

Analisis *cluster* memungkinkan transformasi matriks awal ke dalam bentuk yang lebih terstruktur yaitu kotak diagonal. Ilustrasi dari matriks dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2. Matrik awal Machine part

mesin \ part	1	2	3	4	5
1		1		1	1
2	1		1		
3		1		1	
4	1		1		

Sumber : Kusiak, 1990

Analisis *cluster* akan mengatur kolom dan baris tersebut dan menghasilkan matriks seperti berikut:

Tabel 2.3. Matrik Mesin-Part Analisis Cluster (*Mutually Separable Cluster*)

mesin \ part	1	3	2	4	5
2	1	1			
4	1	1			
1			1	1	1
3			1	1	

Sumber : Kusiak, 1990

Dari pengaturan matriks tersebut diperoleh dua kotak diagonal yang menandakan :

- a. Dua buah sel manufaktur (*Manufaktur Cell / MC*).

MC-1 yang terdiri dari Mesin 2 dan Mesin 4.

MC-2 yang terdiri dari Mesin 1 dan Mesin 3.

b. Dua buah part family (*Part Family* / PF).

PF-1 yang terdiri dari *Part* 1 dan *Part* 3

PF-2 yang terdiri dari *Part* 2,4 dan *Part* 5.

## 2.10. Performance Measures

Untuk melakukan pemilihan alternatif dari pembentukan sel manufaktur terbaik diperlukan suatu perbandingan kualitas solusi. Oleh karena itu diperlukan suatu pengukuran disebut *performance measure*.

Ada tiga macam metode yang digunakan untuk menghitung *performance measure* (Singh, 1996) sebagai berikut:

a. *Grouping efficiency* ( $\eta$ )

Dikenalkan oleh Chandrasekaran dan Rajagopalan (1986) (Singh,1996). Kebaikan dari sebuah solusi tergantung tingkat penggunaan (*utilization*) dari mesin dalam sel dan pergerakan antar sel (*inter-cell movement*). Oleh karena itu, *grouping efficiency* diusulkan sebagai rata-rata pembobotan dari dua efisiensi  $\eta_1$  dan  $\eta_2$

$$\eta = w \eta_1 + (1 - w) \eta_2 \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Keterangan: } \eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v}$$

$$\eta_2 = \frac{MP-o-v}{MP-o-v+e}$$

$$\eta = (w) \frac{o-e}{o-e+v} + (1-w) \frac{MP-o-v}{MP-o-v+e}$$

Keterangan:

$\eta_1$  = rasio jumlah masukan nilai 1 dalam blok diagonal terhadap jumlah total elemen dalam blok (baik 0 maupun 1)

$\eta_2$  = rasio jumlah masukan nilai 0 di luar blok diagonal terhadap jumlah total elemen di luar blok (baik 0 maupun 1).

M = jumlah mesin

P = jumlah *part*

W = faktor pembobot (angka 0.5 disarankan)

$O$  = seluruh angka 1 yang ada pada matrik

$e$  = jumlah angka 1 di luar sel

$v$  = jumlah angka 0 dalam sel

b. *Grouping efficacy* ( $\tau$ )

Digunakan untuk mengatasi rendahnya kemampuan antara matrik terstruktur baik dengan matrik terstruktur kurang baik. *Grouping efficacy* tidak terpengaruh dengan ukuran matrik seperti yang terdapat pada *Grouping Efficiency*.

$$r = \frac{1-\psi}{1-\emptyset} + (1-w) \frac{o-e}{o+v} \dots\dots\dots(6)$$

$$\psi = e/o, \emptyset = v/o$$

Keterangan :         $\psi$  = exceptional element  
                               $\emptyset$  = void

c. *Grouping measure* ( $\eta_g$ )

Merupakan pengukuran langsung keefektivitasan dari sebuah algoritma untuk memperoleh matrik akhir pengelompokan.

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m; -1 \leq \eta_g \leq 1$$

$$\eta_u = d/(d + v); 0 \leq \eta_u \leq 1$$

$$\eta_m = 1 - (d/o); 0 \leq \eta_m \leq 1$$

Keterangan:

$\eta_u$  = pengukuran pemrosesan *part* dalam mesin

$\eta_m$  = pengukuran pergerakan *part*

$d$  = jumlah masukan bernilai 1 didalam blok diagonal

### 2.11. Teknik Pengukuran Jarak

Teknik pengukuran jarak yang ada sekarang ini adalah sebagai berikut (Turner, W.C,1993, Deni ,2004):

#### a. *Euclidean*

Merupakan ukuran jarak antara dua item X dan Y. Jarak diukur dengan lintasan garis lurus antara satu titik ke titik lain dan diaplikasikan pada beberapa masalah lokasi jaringan kerja atau rute proses produksi suatu produk, sehingga sesuai dengan mesin yang ada di perusahaan untuk mencapai hasil yang optimal.

$$D ( X, Y) = \sqrt{(x - a)^2 + (y - b)^2} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

D (X,Y) = jarak antar fasilitas baru dengan yang ada.

X (x,y) = lokasi fasilitas yang baru

Y (a,b) = lokasi fasilitas yang ada

#### b. *Rectilinier*

Merupakan ukuran jarak antara dua item X dan Y, jarak diukur dengan menjumlahkan perbedaan jarak yang baru dengan fasilitas yang ada dengan harga yang mutlak.

$$D (X,Y) = |x - a| + |y - b| \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

D (X,Y) = jarak antar fasilitas baru dengan yang ada.

X (x,y) = lokasi fasilitas yang baru

Y (a,b) = lokasi fasilitas yang ada

## 2.12. *Material handling*

### 2.12.1. Definisi dan pengertian *material handling*.

Istilah *material handling* sebenarnya kurang tepat kalau diterjemahkan sekedar “memindahkan” bahan. Berdasarkan perumusan yang dibuat oleh *American Material Handling Society* (AMHS), pengertian mengenai *material handling* dinyatakan sebagai seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pembungkusan atau pengepakan (*packaging*), penyimpanan (*storing*) sekaligus pengendalian atau pengawasan (*controlling*) dari bahan atau material dengan segala bentuknya.

Dalam kaitannya dengan aktivitas pemindahan, maka proses pemindahan bahan ini akan dilaksanakan dari satu lokasi ke lokasi yang lain baik secara vertikal, horizontal maupun lintasan yang membentuk kurva.

Demikian aktivitas ini bisa dilaksanakan dalam suatu lintasan yang tetap atau berubah-ubah. Selanjutnya material yang dipindahkan bisa berbentuk gas, cairan ataupun padat. Dalam pengertian umum khususnya dikaitkan dengan industri manufakturing, aktivitas pemindahan material ini ditujukan untuk memindahkan material dalam bentuk fisik dan padat (solid).

Berikut ada beberapa istilah umum yang dijumpai dalam pembahasan mengenai *material handling* seperti halnya:

#### 1. *Transport*

Adalah pemindahan bahan dalam satuan berat (*unit load*) atau containers suatu lintasan yang jaraknya lebih dari 5 feet atau sekitar 1,5 meter.

#### 2. *Transfers*

Adalah pemindahan bahan melalui lintasan yang jaraknya kurang dari 5 feet atau sekitar 1,5 meter.

### 3. *Bulk material*

Yaitu material yang dalam pemindahan tidak memerlukan bag, barel, bottle, can, drum, dan lain-lain.

### 4. *Packaged material*

Yaitu material yang dalam pemindahan akan memerlukan wadah atau tempat untuk membawanya dengan mudah seperti bag, box, drum, bottle, dan lain-lain.

### 5. *Unit load*

Menunjukkan sejumlah packaged unit tertentu yang bisa dimuat dalam skid box, pallets, dan lain-lain.

### 6. *Rehandle*

Adalah aktivitas penurunan muatan yang ada dalam pallets, skid box, dan lain-lain.

Pemindahan bahan adalah bagian dari sistem industri yang memberi pengaruh tentang hubungan dan kondisi fisik dari material atau produk terhadap proses produksi tanpa adanya perubahan bentuk material itu sendiri. Pemindahan bahan ini juga merupakan suatu seni atau ilmu didalam memindahkan, membungkus, atau menyimpan bahan dalam segala macam bentuknya yang ada. Prinsip didalam menetapkan sistem konsep "*the best handling is no handling at all*". *Material handling* adalah aliran bahan yang harus direncanakan secermatnya sehingga material akan bisa dipindahkan pada saat dan menuju tempat yang tepat.

#### 2.12.2. Aturan dan prinsip dasar perencanaan *material handling*.

Bilamana kita hendak merencanakan metode pemindahan material dalam suatu pabrik ataupun akan mengevaluasi sistem pemindahan material yang sudah ada beberapa aturan-aturan dasar yang harus dipertimbangkan terlebih dahulu, yaitu antara lain:

##### 1. Memindahkan aktivitas pemindahan material.

Prinsip ini menyarankan agar supaya menghindari pemindahan material apabila tidak begitu diharuskan. Hal ini



dilaksanakan dengan cara menghapuskan atau menggabungkan operasi pemindahan material dengan mempertimbangkan kemungkinan gerakan bersama antara pekerja dengan material.

Demikian pula apabila azas gravitasi dapat diterapkan didalam proses pemindahan material, maka hal ini seharusnya lebih diprioritaskan dan apabila tidak memungkinkan maka barulah proses mekanisasi diterapkan.

2. Pemindahan material harus direncanakan secara teliti.

Proses pemindahan material haruslah dipertimbangkan sebagai suatu kontinuitas pemindahan material dari luar produk menuju ke pabrik dan sebaliknya.

Dengan demikian proses pemindahan material tidaklah semata-mata perencanaan didalam pabrik saja. Yaitu pada saat proses produksi sedang berlangsung. Dalam perencanaan ini satu prinsip yang harus diperhatikan benar-benar adalah bahwa penempatan mesin dan peralatan produksi lainnya haruslah direncanakan sedemikian rupa sehingga jarak antara operasi yang satu ke operasi alin dijaga sependek-pendeknya dan juga harus dihindari gerakan bolak-balik (*back tracking*).

3. Pemilihan yang seksama terhadap peralatan pemindahan material yang dibutuhkan.

Disini sedapat mungkin dipilih peralatan yang sederhana dan standart. Peralatan yang khusus (*special purpose*) baik yang dipakai bila pada dasarnya memang dikehendaki demikian. Pertimbangan yang cukup matang baik dari segi teknis maupun ekonomisnya harus dibuat secara berhati-hati.

4. Penggunaan peralatan pemindahan material harus seefektif dan seefisien mungkin.

Material harus dapat dipindahkan dengan mudah dan untuk itu sebaiknya perlu dibuat suatu *work container* yang khusus.

### 2.12.3. Menghitung biaya *material handling*

Adapun biaya *material handling* terdiri dari upah orang memindahkan bahan, biaya investasi dari berbagai alat pemindahan yang digunakan dan biaya- biaya yang tidak bisa dipisahkan dan termasuk dalam biaya produksi untuk mengerjakan produk hasilnya. Adapun persamaan yang digunakan dalam penentuan biaya *material handling* sebagai berikut :

Kapasitas alat perpindahan =  $\frac{\text{ukuran alat angkut}}{\text{ukuran unit yang dipindahkan}}$

Frekuensi perpindahan =  $\frac{\text{jumlah unit yang akan dipindahkan}}{\text{kapasitas alat pemindah bahan}}$

OMH/ meter =  $\frac{\text{biaya operasional}}{\text{Jarak total frekuensi perpindahan}}$

OMH = (OMH/meter) x jarak perpindahan

### 2.12.4. Rasio produktivitas atau *performance material handling*.

#### 1. Indeks pekerja penanganan material.

Perbandingan antara jumlah pekerja yang bertugas menangani *material handling* (baik menangani penuh atau petugas penunjang) dengan jumlah pekerja keseluruhan.

$$IPPM = \frac{l}{L}$$

Dimana:

$l$  = Pekerja yang menangani *material handling*

$L$  = Jumlah pekerja keseluruhan

#### 2. Indeks penggunaan peralatan *material*

Perbandingan komponen yang ditangani per satuan waktu dengan kapasitas teoritis.

$$IPP = \frac{k}{K}$$

Dimana:

$k$  = Komponen yang ditangani

$K$  = Kapasitas teoritis

IPP mendekati 1 artinya peralatan yang ada digunakan secara optimal

3. Indeks penggunaan ruang penyimpanan material.

$$\text{IPRP} = \frac{s}{S}$$

Perbandingan antara penggunaan ruang penyimpanan dengan keseluruhan ruang penyimpanan yang ada.

Dimana;

$s$  = Luas ruang penyimpanan yang dipakai

$S$  = Luas ruangan seluruhnya

IPRP mendekati 1 artinya ruang penyimpanan digunakan secara optimal.

4. Indeks Pergerakan Operasi (IPO) material.

Perbandingan antara gerakan-gerakan yang perlu dilakukan untuk membuat sebuah produk dengan jumlah operasi produktif.

$$\text{IPO} = \frac{m}{M}$$

dimana:

$m$  = Jumlah gerakan perpindahan material yang terjadi

$M$  = Jumlah operasi produktif yang dilaksanakan.

5. Indeks efisiensi siklus manufacturing

Perbandingan waktu produktif aktual (waktu permesinan) yang diperlukan untuk membuat suatu produk dengan seluruh pada departemen produksi

$$\text{IESM} = \frac{T_a}{T_d}$$

Dimana:

Ta = Waktu kegiatan produksi atau operasi aktual

Td = Waktu tersedia pada departemen produksi.

#### 6. Prosentase area gang

Prosentase penggunaan ruang yang ada untuk gang (*aisle*)

$$PAG = \frac{As}{Ts}$$

Dimana:

As = Area yang digunakan untuk gang

Ts = Jumlah ruangan produksi

Nilai ideal PAG 10% s/d 15% (Hari Purnomo,2004)

#### 2.12.5. Menghitung Waktu Siklus

Data-data yang digunakan sebagai input dalam menghitung waktu siklus adalah waktu operasi, dan waktu *material handling*.

Untuk menghitung waktu *material handling* dan waktu operasi maka yang menjadi dasar perhitungan adalah *routing* (urutan proses produksi) *part*.

$$T \text{ material} = \frac{\text{jarak material handling ( m )}}{\text{Kecepatan ( m / menit )}}$$

$$W \text{ siklus} = \sum W \text{ proses} + \sum W \text{ material handling} \dots \dots (9)$$

#### 2.13. Penelitian terdahulu.

1. Joko Susetyo, Risma Adelina Simanjuntak, João Magno Ramos  
Jurusan Teknik Industri, FTI., IST. AKPRIND Yogyakarta.  
Jurnal Teknologi, Volume 3 Nomor 1 , Juni 2010, 75-84

Perancangan ulang tata letak fasilitas produksi dengan pendekatan *group technology dan algoritma blocplan* untuk meminimasi ongkos *material handling group technology*.

Perusahaan x adalah salah satu perusahaan yang memproduksi berdasarkan pesanan (*job order*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kondisi tata letak fasilitas pabrik dengan pendekatan *group*

*technology*, sehingga didapatkan tingkat efisiensi dan fleksibilitas yang tinggi.

2. Imam Sodikin, Winarni, Ngakan Jacky Prasatya

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta Jl. Kalisahak No. 28 Balapan Yogyakarta 55222. *Jurnal Teknologi*, Vol. 1, No. 1, 2008: 44-52

Penerapan *cellular manufacturing system* dengan menggunakan *algoritma heuristic similarity coefficient* untuk meminimasi waktu siklus dan biaya *material handling*.

Perusda Pabrik Logam Batur adalah salah satu perusahaan yang memproduksi berdasarkan pesanan (*job order*). Melalui penerapan CM dapat diperoleh keuntungan-keuntungan seperti pengurangan waktu siklus, pengurangan *in-process inventory*, peningkatan kualitas produk, *lead time* yang lebih pendek, pengurangan kebutuhan *tools*, peningkatan produktivitas, pengendalian operasi secara keseluruhan yang lebih baik.

## 2.14. Perbedaan dan persamaan penelitian terdahulu dan penelitian yang sekarang.

Tabel 2.4. Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang

No	Isi penelitian	Penelitian terdahulu		Penelitian sekarang	keterangan
		Joko Susetyo	Imam Sodikin	Kholid Idris	
1	Metode penelitian	<i>Group technology</i>	<i>Group technology</i>	<i>Group technology</i>	Sama
2	Sistem produksi	Job order	Job order	Job order	Sama
3	Produk	Logam	Logam	Pipa, Cnp, dll	Beda
4	Alat <i>material handling</i>	Kereta dorong	Kereta dorong	Forklift	Beda
5	Perhitungan	Jarak,waktu dan biaya <i>material handling</i>	Jarak,waktu dan biaya <i>material handling</i>	Jarak,waktu dan biaya <i>material handling</i>	Sama
		Ongkos <i>material handling</i> (OMH)	Ongkos <i>material handling</i> (OMH)	Ongkos <i>material handling</i> (OMH)	Sama
		-	-	<i>Indeks performance material handling</i>	Beda
6	Tujuan penelitian	Untuk meminimalisasi jarak,waktu dan biaya <i>material handling</i> Menjadi optimal	Untuk meminimalisasi jarak,waktu dan biaya <i>material handling</i> Menjadi optimal	Untuk meminimalisasi jarak,waktu dan biaya <i>material handling</i> Menjadi optimal	Sama

Kelemahan dari penelitian yang terdahulu adalah dalam penelitiannya tidak memperhitungkan *indeks performance material handling*, sedangkan dalam penelitian yang sekarang menyertakan perhitungan tentang *indeks performance material handling*. Jadi penelitian yang sekarang lebih baik daripada penelitian yang terdahulu