

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Perancangan tata letak fasilitas merupakan salah satu hal penting dalam sebuah industri. Menurut Tanjung dan Harimansyah (2014) tata letak fasilitas merupakan salah satu faktor yang memiliki peran penting dalam peningkatan produktivitas suatu perusahaan dalam melakukan kegiatan produksinya. Susetyo et al (2010) mengatakan permasalahan industri tidak hanya menyangkut seberapa besar investasi yang harus ditanam, sistem dan prosedur produksi, pemasaran hasil produksi dan lain-lain, namun menyangkut pula dalam hal perencanaan fasilitas, baik permasalahan lokasi fasilitas maupun menyangkut rancangan fasilitas. Selain itu, Albab et al (2014) juga memiliki pendapat tentang pentingnya tata letak fasilitas, dimana tata letak fasilitas merupakan landasan utama dalam pengaturan tata letak kantor, pabrik, produksi dan area kerja yang memanfaatkan luas kerja untuk menempatkan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya, serta memperlancar gerakan perpindahan material sehingga diperoleh suatu aliran bahan dan kondisi kerja yang teratur, aman dan nyaman, sehingga mampu menunjang upaya pencapaian tujuan pokok perusahaan. Namun, menurut Ekoanindiyo dan Wedana (2012) selain tata letak fasilitas area kerja, tata letak penyimpanan pada industri manufaktur juga merupakan hal yang penting peranannya, sehingga selain tata letak fasilitas yang berhubungan langsung dengan area kerja produksi, tata letak gudang juga perlu diperhatikan demi kelancaran proses produksi dalam industri manufaktur secara keseluruhan.

Peran penting tata letak fasilitas dalam industri manufaktur tersebut membuat banyak orang tertarik melakukan penelitian dan perancangan tata letak fasilitas, baik tata letak area kerja maupun tata letak gudang/penyimpanan. Industri-industri manufaktur yang digunakan sebagai objek penelitian dan perancangan tata letak fasilitas ini ada beraneka ragam diantaranya adalah penelitian dan perancangan di industri makanan/pangan seperti yang dilakukan Santy (2012) di industri kecil menengah keripik kentang, Siska dan Henriadi (2012) dan Setiadini (2014) di industri pembuatan tahu. Kemudian terdapat pula penelitian dan

perancangan tata letak fasilitas yang dilakukan di industri pakaian/sandang yaitu penelitian dan perancangan di industri pembuatan sepatu perlengkapan dinas yang dilakukan oleh Tanjung dan Harimansyah (2014), serta penelitian dan perancangan di industri konveksi jilbab yang dilakukan oleh Hidayat (2012). Selain industri pangan dan sandang, terdapat industri-industri lain yang digunakan sebagai objek penelitian dan perancangan tata letak fasilitas, antara lain adalah penelitian dan perancangan di industri kerajinan seperti yang dilakukan oleh Wahyudi (2010) di industri kerajinan rotan, penelitian dan perancangan di industri furniture seperti yang dilakukan oleh Albab et al (2014) di Unit Usaha Indra Loka Yogyakarta, penelitian dan perancangan di industri rokok seperti yang dilakukan oleh Dewi et al (2012), penelitian dan perancangan di industri plastik seperti yang dilakukan oleh Ekoanindiyo dan Wedana (2012) di Kota Semarang.

Terdapat berbagai macam metode dalam penelitian dan perancangan tata letak fasilitas. Metode yang paling populer digunakan untuk penataan ulang letak stasiun-stasiun kerja dalam sebuah industri adalah metode *Systematic Layout Planning* (SLP). Dalam penelitian dan perancangannya, Santy (2012) hanya menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP), namun banyak pula peneliti yang melakukan perancangan dengan menggabungkan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) ini dengan beberapa metode perancangan lain, diantaranya adalah Wahyudi (2010) yang melakukan perancangan dengan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) dan *blocplan*, Dewi et al (2012) yang melakukan perancangan dengan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) dan *Simulasi Existing Layout*, Siska dan Henriadi (2012) melakukan perancangan dengan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) dan metode 5S, Tanjung dan Harimansyah (2014) melakukan perancangan dengan menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) dengan *Relationship Diagramming*, *Hollier 2* dan *Direct Clustering Algorithm* sebagai alternatif. Berbeda dengan penelitian dan perancangan yang banyak dilakukan, Susetyo et al (2010) melakukan perancangan tanpa menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) namun menggunakan metode *Group Technology*, *Algoritma Blocplan* dan *Rank Order Clustering* (ROC). Kemudian untuk perancangan tata letak fasilitas sebuah stasiun kerja pernah dilakukan oleh Setiadini (2014) dengan menggunakan metode pengukuran waktu secara langsung dan juga metode 5S. Selain tata letak fasilitas untuk area kerja, penelitian dan perancangan tata letak gudang/

penyimpanan juga sudah banyak dilakukan dengan berbagai metode, diantaranya adalah metode *Shared Storage* yang digunakan oleh Ekoanindiyo dan Wedana (2012) dan metode *Class-Based Storage* yang digunakan oleh Hidayat (2012).

Penelitian dan perancangan tata letak memiliki berbagai macam tujuan yang ingin dicapai diantaranya adalah tujuan untuk meminimalisasi jarak/panjang lintasan agar memudahkan perpindahan material, peneliti yang melakukan penelitian dan perancangan untuk tujuan tersebut diantaranya adalah Santy (2012), Siska dan Henriadi (2012), Albab et al (2014), Tanjung dan Harimansyah (2014), dan Susetyo et al (2010). Selain itu ada pula perancangan yang bertujuan untuk memperbaiki aliran produksi seperti perancangan yang dilakukan oleh Santy (2012) dan Dewi et al (2012). Tujuan lain dari penelitian dan perancangan tata letak adalah untuk memperbaiki prosedur penataan barang dan ruangan seperti yang dilakukan Ekoanindiyo dan Wedana (2012) dan Hidayat (2012). Meminimalisasi waktu standar dan meningkatkan produktivitas juga menjadi salah satu tujuan penelitian dan perancangan tata letak fasilitas seperti yang telah dilakukan Setiadini (2014) namun perancangan yang lebih fokus untuk sebuah stasiun kerja saja.

2.1.2. Penelitian Sekarang

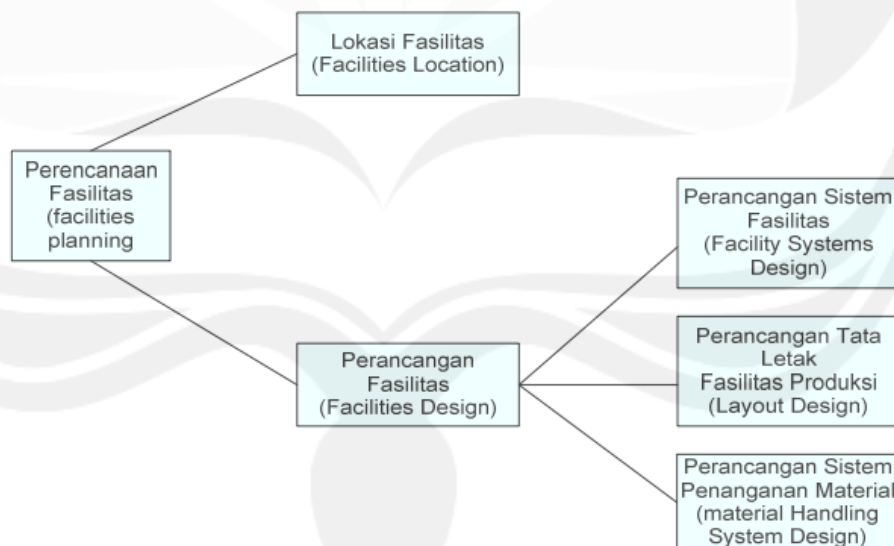
Perbedaan penelitian yang dilakukan sekarang dengan penelitian terdahulu adalah penelitian sekarang dilakukan di sebuah industri kecil menengah batu alam Rimba Sukses *Art Stone* dengan tujuan perancangan tata letak fasilitas. Ada beberapa perancangan tata letak yang akan dilakukan, antara lain adalah penataan ulang letak stasiun-stasiun kerja yang dimiliki oleh Rimba Sukses *Art Stone*, penataan area penyimpanan, serta perancangan detail tata letak fasilitas masing-masing stasiun kerja. Perancangan tata letak fasilitas area kerja Rimba Sukses *Art Stone* secara keseluruhan menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) yang dievaluasi dengan menggunakan *Snook Table*, penataan area penyimpanan dilakukan dengan menggunakan metode *Class-Based Storage*, dan perancangan detail tata letak fasilitas masing-masing stasiun kerja menggunakan metode ekonomi gerakan dan pengukuran waktu kerja secara langsung.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Tata Letak Fasilitas

Pengertian perencanaan fasilitas dapat dikemukakan sebagai proses perancangan fasilitas, termasuk didalamnya analisis, perencanaan, desain dan susunan fasilitas, peralatan fisik, dan manusia yang ditujukan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan sistem pelayanan (Purnomo, 2004). Sedangkan (Wignjosoebroto, 2009) mengemukakan bahwa tata letak fasilitas merupakan tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas guna menunjang kelancaran proses produksi. Pengaturan tersebut akan memanfaatkan luas area untuk penempatan fasilitas penunjang produksi lainnya, kelancaran gerakan perpindahan material, penyimpanan material baik yang bersifat temporer maupun permanen, personel pekerja dan sebagainya. Pada umumnya tata letak yang terencana dengan baik ikut menentukan efisiensi dan menjaga kelangsungan hidup atau kesuksesan kerja suatu industri.

Secara skematis (Tompkins, J.A, 1996) menggambarkan perencanaan fasilitas sebagai berikut;



Gambar 2.1. Sistematika Perencanaan Fasilitas

2.2.2. Tujuan Perancangan Tata Letak Fasilitas

Secara garis besar tujuan perancangan fasilitas, yaitu untuk menentukan bagaimana aktivitas-aktivitas dan fasilitas-fasilitas produksi dapat diatur sedemikian rupa sehingga mampu menunjang upaya pencapaian tujuan

pokok produksi secara efektif dan efisien. Selain itu terdapat tujuan perencanaan tata letak pabrik yaitu untuk mendapatkan keuntungan-keuntungan antara lain :

a. Memudahkan proses manufaktur

Penyusunan mesin, peralatan, dan ruang kerja yang baik menghasilkan kemudahan proses produksi

b. Meminimumkan pemindahan barang

Pengaruh jarak terhadap material handling akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan. Selain itu pemindahan barang yang semakin dekat akan berdampak pada pengurangan waktu produksi.

c. Menjaga fleksibilitas (keluwesan)

Ada kalanya suatu pabrik menuntut adanya perubahan tata letak akibat adanya perubahan (penambahan/pengurangan fasilitas. Keadaan ini menuntut adanya fleksibilitas dalam melakukan proses produksi.

d. Memelihara perputaran barang setengah jadi yang tinggi. Kelancaran aktivitas material handling mengurangi terjadinya penumpukan barang di stasiun kerja. Waktu peredaran total yang kecil akan mengurangi jumlah barang setengah jadi yang berakibat pula menurunnyabiaya produksi.

e. Menurunkan cost of capital

Suatu penggunaan fasilitas produksi yang tepat akan mengurangi biaya pemakaian fasilitas yang kurang perlu serta menghindarkan adanya duplikasi peralatan.

f. Menghemat pemakaian ruang

Ketepatan dalam hal tata letak peralatan yang digunakan akan menghemat (efisiensi) ruangan yang dipakai

g. Memudahkan pengawasan

Dengan tata letak yang baik akan memudahkan dalam hal pengawasan terhadap aktivitas produksi yang dilakukan

h. Meningkatkan safety bagi produk maupun karyawan

Mesin dan peralatan yang diletakkan pada tempat yang tepat akan mengurangi terjadinya kecelakaan kerja maupun kerusakan barang.

2.2.3. Prinsip-Prinsip Perancangan Tata Letak Fasilitas

Muther (1995) mengatakan bahwa dalam perencanaan dan pengaturan tata letak pabrik, terdapat enam prinsip dasar yang perlu diperhatikan, antara lain:

a. Prinsip integrasi secara total

Prinsip ini menyatakan bahwa tata letak pabrik adalah merupakan integrasi secara total dari seluruh elemen produksi yang ada menjadi satu unit operasi yang besar.

b. Prinsip jarak perpindahan bahan yang paling minimal

Hampir semua proses yang terjadi dalam suatu industri mencakup beberapa gerakan perpindahan dari material, yang tidak bisa dihindari secara keseluruhan. Dalam proses pemindahan bahan dari satu operasi ke operasi lain, waktu dapat dihemat dengan cara mengurangi perpindahan jarak tersebut. Hal ini dapat dilaksanakan dengan menerapkan operasi yang berikutnya sedekat mungkin dengan operasi sebelumnya.

c. Prinsip aliran suatu proses kerja

Dengan prinsip ini, diusahakan untuk menghindari adanya gerak balik (back tracking), gerak memotong (cross movement), kemacetan (congestion) dan sedapat mungkin material bergerak terus tanpa ada interupsi. Ide dasar dari prinsip aliran konstan dengan minimum interupsi, kesimpangsiuran dan kemacetan.

d. Prinsip pemanfaatan ruangan

Makna dasar tata letak adalah suatu pengaturan ruangan yang akan dipakai oleh manusia, bahan baku, dan peralatan penunjang proses produksi lainnya, yang memiliki tiga dimensi yaitu aspek volume (cubic space), dan bukan hanya sekedar aspek luas (floor space). Dengan demikian, dalam perencanaan tata letak, faktor dimensi ruangan ini juga perlu diperhatikan.

e. Prinsip kepuasan dan keselamatan kerja

Kepuasan kerja sangat besar artinya bagi seseorang, dan dapat dianggap sebagai dasar utama untuk mencapai tujuan. Dengan membuat suasana kerja menyenangkan dan memuaskan, maka secara otomatis akan banyak keuntungan yang bisa kita peroleh. Selanjutnya, keselamatan kerja juga merupakan faktor utama yang

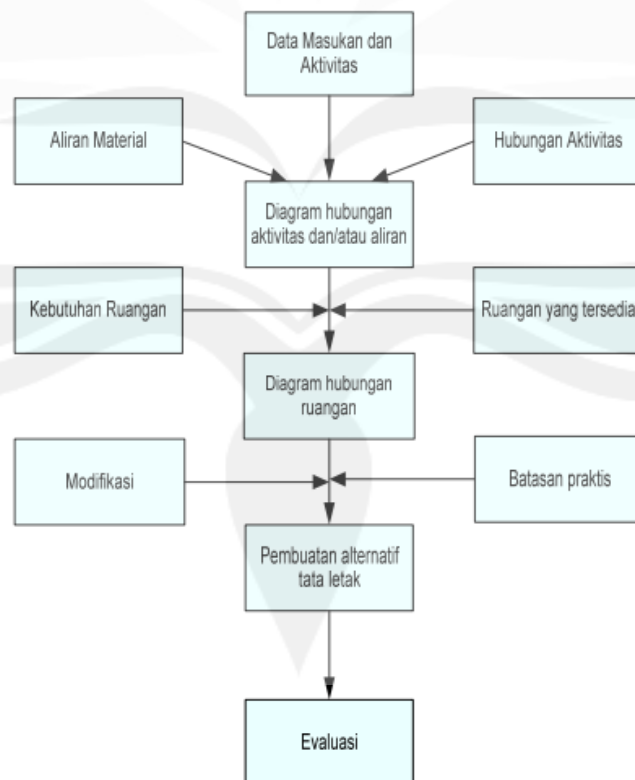
harus diperhatikan dalam perencanaan tata letak pabrik. Suatu layout tidak dapat dikatakan baik apabila tidak menjamin atau bahkan justru membahayakan keselamatan orang yang bekerja di dalamnya.

f. Prinsip fleksibilitas

Prinsip ini sangat berarti dalam masa dimana riset ilmiah, komunikasi, dan transportasi bergerak dengan cepat, yang mana hal ini akan mengakibatkan dunia industri harus ikut berpacu mengimbangnya. Untuk ini, kondisi ekonomi akan bisa tercapai apabila tata letak yang ada telah direncanakan cukup fleksibel untuk diadakan penyesuaian/ pengaturan kembali (relayout) dengan cepat dan biaya yang relative murah.

2.2.4. Tahapan Perancangan Tata Letak Fasilitas

Menurut Tompkins (1996) tahapan-tahapan proses perancangan tata letak dijabarkan mengikuti urutan kegiatan dengan pendekatan *Systematic Layout Planning* (SLP). Secara skematis prosedur pelaksanaan SLP dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2. Langkah-langkah Dasar SLP

Pada dasarnya langkah di atas dapat dikelompokkan dalam tiga tahapan yaitu tahap analisis, tahap penelitian dan tahap proses seleksi. Tahap analisis meliputi analisis aliran material, analisis hubungan aktivitas, diagram hubungan aktivitas, analisis kebutuhan ruangan dan ruangan yang tersedia. Sedangkan tahap penelitian meliputi perencanaan diagram hubungan ruangan hingga pembuatan alternatif tata letak. Untuk tahap seleksi dilakukan dengan jalan mengevaluasi alternatif tata letak yang dirancang.

1) Data Masukan

Langkah awal dalam perancangan tata letak adalah mengumpulkan data awal. Terdapat tiga sumber data dalam perencanaan tata letak yaitu:

a. Data rancangan produk

Data yang berkaitan dengan rancangan produk sangat berpengaruh terhadap tata letak yang akan dibuat. Pada dasarnya rancangan produk sangat terkait erat dengan proses pengerjaan dan urutan perakitan sehingga secara tidak langsung akan berpengaruh pada perancangan tata letak. Data ini dapat digambarkan dalam bentuk gambar kerja, peta perakitan maupun bills of material.

b. Data rancangan proses

Data ini menggambarkan proses tahapan pembuatan komponen, peralatan dan mesin-mesin yang dibutuhkan pada proses produksi. Data ini dapat digambarkan berupa peta proses operasi.

c. Data rancangan jadwal produksi

Data ini merupakan penjabaran tentang dimana dan seberapa besar serta kapan suatu produk akan dibuat yang didasarkan atas peramalan permintaan. Data ini akan berpengaruh dalam hal menentukan jumlah mesin, karyawan, peralatan material handling, dan sebagainya.

2) Analisis Aliran Material

Analisis aliran material merupakan analisis pengukuran kuantitatif untuk setiap gerakan perpindahan material di antara departemen-departemen atau aktivitas-aktivitas operasional. Pola aliran ini

menggambarkan material masuk sampai pada produk jadi. Terdapat berbagai alternatif aliran material yang dapat digunakan diantaranya sebagai berikut:

- a. Pola aliran garis lurus digunakan untuk proses produksi yang pendek dan sederhana
- b. Pola aliran bentuk L, pola ini digunakan untuk mengakomodasi jika pola aliran garis tidak bisa digunakan dan biaya bangunan terlalu mahal jika menggunakan garis lurus.
- c. Pola aliran bentuk U, pola ini digunakan jika aliran masuk material dan aliran keluarnya produk pada lokasi yang relatif sama.
- d. Pola aliran bentuk O, pola ini digunakan jika keluar masuknya material dan produk pada satu tempat/satu pintu. Kondisi ini memudahkan dalam pengawasan keluar masuknya barang.
- e. Pola aliran bentuk S, digunakan jika aliran produksi lebih panjang dari ruangan yang ditempati.

3) Analisis Hubungan Aktivitas

Dalam perancangan tata letak analisis hubungan aktivitas diperlukan untuk menentukan derajat kedekatan hubungan antar departemen dipandang dari dua aspek yaitu kualitatif dan kuantitatif. Untuk aspek kualitatif akan lebih dominan dalam menganalisis derajat hubungan aktivitas dan biasanya ditunjukkan oleh peta hubungan aktivitas (ARC) sedangkan untuk aspek kuantitatif lebih dominan pada analisis aliran material. Untuk membantu menentukan aktivitas yang harus diletakkan pada suatu departemen, telah ditetapkan suatu pengelompokan derajat hubungan, yang diikuti dengan tanda bagi setiap derajat tersebut. Menurut Richard Muther berbagai hubungan tersebut antara lain:

- A = Mutlak perlu aktivitas-aktivitas tersebut didekatkan (berhampiran satu sama lain).
- E = Sangat penting aktivitas-aktivitas tersebut berdekatan.
- I = Penting bahwa aktivitas-aktivitas berdekatan.
- O = Biasanya (kedekatannya), dimana saja tidak ada masalah.
- U = Tidak perlu adanya keterkaitan geografis apapun.
- X = Tidak diinginkan aktivitas-aktivitas tersebut berdekatan

Peta aktivitas yang telah dibuat kemudian digunakan sebagai dasar pembuatan *Activity Relationship Diagram* (ARD) yaitu untuk menentukan letak masing-masing aktivitas/ departement. Dalam memudahkan untuk membuat diagram keterkaitan aktivitas (ARD) perlu dibuat lembar kerja yang ditunjukkan pada tabel.

4) Diagram Hubungan Aktivitas (ARD)

Diagram hubungan aktivitas untuk mengkombinasikan antara derajat hubungan aktivitas dan aliran material.

5) Luas Area yang Dibutuhkan

Terdapat beberapa metode dalam penentuan kebutuhan luas ruangan diantaranya:

a. Metode Fasilitas Industri

Metode ini menentukan kebutuhan ruangan berdasar pada fasilitas produksi dan fasilitas pendukung proses produksi yang digunakan. Luas ruangan dihitung dari ukuran dari masing-masing jenis mesin yang digunakan dikalikan dengan jumlah masing-masing jenis mesin ditambah kelonggaran yang digunakan untuk operator dan gang (aisle)

b. Metode Template

Metode ini memberikan gambaran yang nyata tentang bentuk dan seluruh kebutuhan ruangan dalam suatu model atau template dengan skala tertentu.

c. Metode Standar Industri

Standar industri dibuat atas penelitian-penelitian yang dilakukan terhadap industri yang dinilai telah mapan dalam perancangan tata letak fasilitas secara keseluruhan.

6) Rancangan Tata Letak Fasilitas

Diagram hubungan ruangan merupakan dasar dalam pembuatan rancangan alternative tata letak. Untuk membuat rancangan tata letak dapat dibuat suatu Layout yang dengan skala tertentu merepresentasikan bangunan dengan batasan-batasan ruang yang dimiliki. Terdapat tiga metode yang digunakan untuk merepresentasikan tata letak yang dirancang, yaitu:

- Gambar atau sketsa
- Model dua dimensi (template)

- Model tiga dimensi

2.2.5. Kegiatan Kerja dalam Sistem Kerja

Kegiatan kerja dalam sistem kerja terbagi menjadi dua yaitu kegiatan kerja keseluruhan dan kegiatan kerja setempat. Kegiatan kerja keseluruhan yaitu kegiatan kerja yang umumnya melibatkan sebagian besar atau semua sistem kerja yang diperlukan dalam pembuatan sebuah produk. Peta-peta kerja keseluruhan terdiri dari diagram rakitan, peta proses operasi, peta aliran proses, peta proses kelompok kerja dan diagram aliran.

- a. Peta Proses Operasi adalah peta yang menggambarkan urutan kronologis dari keseluruhan operasi, inspeksi, waktu yang dibutuhkan dan material yang digunakan dalam proses manufaktur.
- b. Peta Aliran Proses adalah diagram yang menunjukkan urutan operasi, seluruh perpindahan, menunggu dan penyimpanan yang terjadi selama suatu proses. Ada 3 jenis peta aliran proses yaitu peta aliran proses tipe orang, peta aliran proses tipe material dan peta aliran proses tipe mesin.
- c. Peta Proses Kelompok adalah kumpulan dari beberapa peta aliran proses di mana tiap peta aliran proses tersebut menunjukkan satu seri urutan kerja dari seorang operator.
- d. Diagram Aliran adalah gambaran menurut skala tertentu dari susunan rantai dan bangunan yang menunjukkan lokasi dari semua aktivitas yang terjadi.

Sedangkan kegiatan kerja setempat adalah kegiatan kerja yang menyangkut satu sistem kerja saja dan melibatkan fasilitas yang terbatas. Peta kerja setempat terdiri dari peta pekerja dan mesin dan peta tangan kiri-tangan kanan.

- a. Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan

Peta yang menggambarkan semua gerakan saat bekerja dan waktu menganggur yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan saat melakukan suatu pekerjaan. Peta ini berguna untuk menyeimbangkan gerakan kedua tangan dan mengurangi kelelahan, menghilangkan gerakan tidak efisien dan tidak produktif, dan sebagai alat analisis tata letak stasiun kerja.

b. Peta Pekerja dan Mesin

Peta yang menunjukkan hubungan yang jelas antara waktu kerja operator dan waktu operasi mesin yang ditanganinya. Peta ini digunakan untuk menganalisis dan memperbaiki suatu kegiatan kerja sehingga dicapai keseimbangan kerja antara pekerja dan mesin.

2.2.6. Studi Gerakan

Ditemukan dan dikembangkan oleh F.B. Gilbreth dan istrinya Lilian. Studi gerakan adalah suatu analisa atau penelitian yang dilakukan terhadap beberapa gerakan bagian badan pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Elemen gerakan dibagi menjadi 17 gerakan dasar yang disebut juga Therblig. Gerakan dasar terdiri dari mencari, memilih, memegang, menjangkau, membawa, memegang untuk memakai, melepas, mengarahkan, mengarahkan sementara, memeriksa, merakit, lepas rakit, memakai, kelambatan yang tak terhindarkan, kelambatan yang dapat dihindarkan, merencanakan, istirahat untuk menghilangkan lelah. Melalui penelitian tersebut diharapkan gerakan-gerakan yang tidak berguna dapat dikurangi atau dihilangkan sehingga pada akhirnya akan didapatkan keefisienan waktu kerja, energi, dan pemakaian fasilitas yang tersedia untuk pekerjaan tersebut.

2.2.7. Ekonomi Gerakan

Menurut Sitalaksana (2006), dalam mengatur sistem kerja diperlukan suatu analisis terhadap gerakan dan ergonomi sehingga dapat merancang sistem kerja yang berprinsip pada ekonomi gerakan. Prinsip dari ekonomi gerakan yaitu menganalisa dan mengevaluasi metode kerja guna memperoleh metode kerja yang lebih efisien. Prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan tiga hal yaitu:

1. Anggota tubuh dan gerakan-gerakannya.
 - a. Kedua tangan sebaiknya memulai dan mengakhiri gerakan pada saat yang sama
 - b. Kedua tangan sebaiknya tidak menganggur pada saat yang sama kecuali pada waktu istirahat
 - c. Gerakan tangan akan lebih mudah jika satu terhadap lainnya simetris dan berlawanan arah

- d. Gerakan tangan atau badan sebaiknya dihemat. Gerakan hanya bagian badan yang diperlukan saja untuk melakukan pekerjaan dengan sebaik-baiknya
 - e. Sebaiknya memanfaatkan momentum untuk membantu gerakan
 - f. Gerakan yang patah-patah, banyak arah akan memperlambat gerakan tersebut
 - g. Gerakan balistik akan lebih cepat, menyenangkan dan lebih teliti daripada gerakan yang dikendalikan
 - h. Pekerjaan sebaiknya dirancang semudah-mudahnya dan jika memungkinkan irama kerja harus mengikuti irama yang alamiah bagi si pekerja
 - i. Usahakan sesedikit mungkin gerakan mata
2. Pengaturan tata letak tempat kerja.
 - a. Sebaiknya diusahakan agar badan dan peralatan mempunyai tempat yang tetap
 - b. Tempatkan bahan-bahan dan peralatan di tempat yang mudah, cepat, dan enak dicapai
 - c. Tempat penyimpanan bahan yang akan dikerjakan sebaiknya memanfaatkan prinsip gaya berat sehingga bahan yang akan dipakai selalu tersedia di tempat yang dekat untuk diambil
 - d. Mekanisme yang baik untuk menyalurkan objek yang sudah selesai dirancang
 - e. Bahan-bahan dan peralatan sebaiknya ditempatkan sedemikian rupa sehingga gerakan-gerakan dapat dilakukan dengan urutan terbaik
 - f. Tinggi tempat kerja dan kursi sebaiknya sedemikian rupa sehingga alternative berdiri atau duduk dalam menghadapi pekerjaan merupakan suatu hal yang menyenangkan
 - g. Tipe tinggi kursi harus sedemikian rupa sehingga yang mendudukinya bersikap (mempunyai postur) yang baik
 - h. Tata letak peralatan dan pencahayaan sebaiknya diatur sedemikian rupa sehingga dapat membentuk kondisi yang baik untuk penglihatan

3. Perancangan peralatan

- a. Sebaiknya tangan dapat dibebaskan dari semua pekerjaan bila penggunaan perkakas pembantu atau alat yang dapat digerakkan dengan kaki dapat ditingkatkan
- b. Sebaiknya peralatan dirancang sedemikian rupa agar mempunyai lebih dari satu kegunaan
- c. Peralatan sebaiknya dirancang sedemikian rupa sehingga memudahkan dalam pemegangan dan penyimpanan
- d. Bila setiap jari tangan melakukan gerakan sendiri-sendiri, misalnya seperti pekerjaan mengetik. Beban yang didistribusikan pada jari harus sesuai dengan kekuatan masing-masing jari
- e. Roda tangan, palang, dan peralatan yang sejenis dengan itu sebaiknya diatur sedemikian sehingga beban dapat melayaninya dengan posisi yang baik serta dengan tenaga yang minimum.

2.2.8. Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu kerja baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan (Sutalaksana, 2006). Secara garis besar teknik-teknik pengukuran waktu dibagi ke dalam dua bagian, pertama secara langsung dan kedua secara tidak langsung (Sutalaksana, 2006). Pengukuran waktu secara langsung dilakukan di tempat operator bekerja sedangkan pengukuran waktu tidak langsung dilakukan dengan perhitungan waktu menggunakan tabel-tabel yang tersedia. Untuk pengukuran langsung, hal pertama yang dilakukan adalah mengamati dan mencatat data sejumlah yang diperlukan. Kemudian dilakukan pengujian kecukupan dan keseragaman data. Dalam pengujian kecukupan data ini, digunakan tingkat ketelitian dan tingkat kepercayaan. Jika dalam pengujian tersebut data tidak mencukupi maka dilakukan pengamatan ulang. Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran terhadap nilai yang sebenarnya. Tingkat keyakinan menunjukkan besarnya keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tersebut. Nilai tingkat ketelitian dan keyakinan ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.& Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Nilai S untuk Tingkat Ketelitian Tertentu

Tingkat Ketelitian	Nilai s
5%	0,05
10%	0,10

Tabel 2.2. Nilai K untuk Tingkat Keyakinan Tertentu

Tingkat Keyakinan	Nilai k
≥68%	1
68% <K ≤95%	2
95% < K ≤99%	3

Dikutip dari Satalaksana (2006), dalam pengujian keseragaman data ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu:

1. Menghitung banyaknya sub grup dengan persamaan :

$$k = 1 + 3,3 \log N \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

k = banyaknya subgroup

N= banyaknya data yang diambil

2. Mengelompokkan data dalam masing-masing subgroup

Subgroup	Waktu Penyelesaian					Rerata Subgroup
1	X11	X21	X31	...	Xn1	X1
2	X12	X22	X32	...	Xn2	X2
.
.
.
k	X1k	X2k	X3k	...	Xnk	Xk

Keterangan:

Xij : waktu yang diperoleh dari pengamatan (i = 1,2,3,...,n; j = 1,2,3,...,k)

k : banyaknya subgroup

n : banyaknya data masing-masing subgroup

N : banyaknya data pengamatan

3. Menghitung rata-rata masing-masing subgroup dengan rumus:

$$X_k = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

X_k : rata-rata subgroup ke k

X_i : data waktu pengamatan ke-i pada subgroup ke-k

n : banyaknya data masing-masing subgroup

4. Menghitung harga rata-rata dari harga rata-rata subgroup dengan rumus :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum X_i}{k} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$\bar{\bar{X}}$: rata-rata dari rata-rata subgroup

$\sum X_i$: rata-rata subgroup

k : banyaknya subgroup

5. Menghitung standar deviasi data menggunakan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

σ : standar deviasi waktu pengamatan

N : banyaknya data pengamatan

\bar{X} : rata-rata dari rata-rata subgroup

X_i : waktu penyelesaian yang terukur selama pengamatan

6. Menghitung standar deviasi dari harga masing-masing subgroup

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

$\sigma_{\bar{X}}$: standar deviasi dari harga rata-rata subgroup

σ : standar deviasi waktu pengamatan

n : banyaknya data masing-masing subgroup

7. Menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah

$$BKA = \bar{x} + 3 \sigma_x \dots\dots\dots(2.6)$$

$$BKB = \bar{x} - 3 \sigma_x \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

BKA: Batas Kontrol Atas

BKB: Batas Kontrol Bawah

σ_x : Standar deviasi dari harga rata-rata subgroup

8. Menguji kecukupan data

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

N' : banyaknya data pengamatan hitungan

K : konstanta tingkat keyakinan

S : tingkat ketelitian

Xi : waktu yang diperoleh dari pengamatan

9. Menghitung waktu siklus rata-rata

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N}$$

Dimana:

Ws : waktu siklus

N : banyaknya data pengamatan

Xi : waktu yang diperoleh dari pengamatan

2.2.9. Definisi dan Manfaat Gudang

Menurut Tompkins, dkk (1996) gudang merupakan tempat penyimpanan barang sementara sebelum diproses lebih lanjut. Aktivitas yang terjadi adalah penerimaan barang, penyimpanan sampai proses pengeluaran barang dari gudang. Jenis-jenis gudang adalah sebagai berikut:

- a. *Raw material and component warehouses*, yaitu tempat untuk menyimpan bahan baku utama dan bahan baku penunjang.
- b. *Work in-process warehouses*, yaitu tempat untuk menyimpan produk yang masih belum selesai diproses.
- c. *Finished goods warehouses*, yaitu tempat untuk menyimpan produk jadi.
- d. *Distribution warehouses and distribution centers*, yaitu tempat penyimpanan yang menghimpun berbagai macam produk dari satu perusahaan maupun banyak perusahaan, untuk memenuhi permintaan konsumen.
- e. *Fulfillment warehouses and fulfillment centers*, yaitu tempat yang menerima, menyimpan dan mengirim order kecil dari konsumen individu.
- f. *Local warehouses*, yaitu gudang yang memiliki peran untuk memperpendek jalur transportasi agar mampu mengatasi respon cepat dari permintaan konsumen.

- g. *Value-added service warehouses*, yaitu gudang yang hanya memiliki fasilitas seperti *packaging*, pemberian label, pemberian tanda, pemberian harga dan proses lainnya.

Sedangkan, fungsi pokok dari gudang adalah sebagai berikut:

- a. *Receiving*
Meliputi aktivitas menerima semua produk serta menyediakan jaminan bahwa kualitas dan kuantitas produk sesuai dengan yang dibeli.
- b. *Prepackaging*
Meliputi aktivitas yang dilakukan jika produk yang diterima dalam partai besar dari supplier dan sesudah itu dibungkus satu demi satu atau dikombinasikan dengan produk yang lain.
- c. *Putaway*
Meliputi tindakan menyimpan produk dalam tempat penyimpanan.
- d. *Storage*
Meliputi aktivitas penahanan secara fisik produk sebelum diproses.
- e. *Order picking*
Merupakan proses memindahkan item-item dari tempat penyimpanan untuk diproses sesuai dengan permintaan.
- f. *Packaging and/or pricing*
Merupakan langkah pilihan yang dapat dilakukan setelah proses pengambilan.
- g. *Sortation*
Melakukan pengklasifikasian ke dalam permintaan-permintaan individu.
- h. *Untizing and shipping*
Meliputi aktivitas pengecekan, pengemasan, menyiapkan dokumen pengiriman, penimbangan pengiriman, mengumpulkan order dan pemuatan.
- i. *Cross-docking*
Merupakan aktivitas menerima kemudian langsung dikirim.
- j. *Replenishing*
Merupakan aktivitas pengambilan dari tempat penyimpanan cadangan.

2.2.10. Prinsip-prinsip Pergudangan

Prinsip-prinsip yang berhubungan dengan pergudangan menurut Tompkins, dkk (1996) adalah sebagai berikut:

a. *Popularity*

Prinsipnya jika bahan yang masuk dan keluar dari gudang pada titik yang sama, kecepatan frekuensi perputaran barang dibedakan menjadi perputaran cepat (*fast moving*), perputaran sedang (*medium moving*), dan perputaran lambat (*slow moving*). Maka item yang paling sering dipakai harus diletakkan sedekat mungkin dengan tempat pemasukan dan pengeluaran. Berikut ini adalah gambar pengaturan bahan menurut prinsip popularity.

b. *Similarity*

Dengan menyimpan item yang sama dalam area yang tertentu, waktu yang diperlukan untuk memenuhi permintaan atau proses pengambilan item akan berkurang.

c. *Size*

Penyimpanan dilakukan sesuai dengan besar kecilnya ukuran item. Item dengan ukuran kecil haruslah diletakkan pada tempat yang kecil, sedangkan item dengan ukuran besar disimpan pada tempat yang besar. Hal ini dilakukan agar tidak membuang tempat atau ruang penyimpanan.

d. *Characteristics*

Penyimpanan dilakukan sesuai dengan karakteristik bahan yang disimpan. Beberapa karakteristik bahan tersebut antara lain:

1. *Perishable materials* (bahan yang mudah rusak)

Bahan yang mudah rusak biasanya memerlukan ruang kontrol khusus.

2. *Oddly shaped and crushable items* (bahan mudah hancur)

Bahan atau item yang mempunyai bentuk yang aneh dan mudah hancur sehingga tidak boleh ditempatkan dengan item lain.

3. *Hazardous materials* (bahan berbahaya)

Bahan yang berbahaya seperti cat, pernis, propane dan cairan kimia yang mudah terbakar harus disimpan di tempat yang terpisah.

4. *Security items*

Merupakan item yang memerlukan pengamanan khusus agar tidak terjadi pengambilan item yang lebih dari jumlah permintaan karena item ini memiliki ukuran kecil dan jumlah yang banyak.

5. *Compatibility*

Merupakan item yang mudah terkontaminasi dengan item lainnya sehingga perlu dipisahkan.

6. *Space utilization*

Tata letak harus dibuat agar penggunaan ruang menjadi maksimal.

Menurut Mulcahy (1994), Gudang berdasarkan jenisnya dapat dibedakan menjadi berikut:

a. Gudang Operasional

Adalah gudang yang menyimpan bahan baku, barang setengah jadi, ataupun barang-barang dalam proses produksi. Barang ini disiapkan untuk digunakan dalam proses produksi berikutnya.

b. Gudang perlengkapan

Merupakan gudang untuk menyimpan perkakas kerja, bahan pelumas atau barang lainnya yang diperlukan dalam proses produksi dan tidak ditemukan kembali lagi ke gudang.

c. Gudang pengiriman

Adalah tempat penyimpanan untuk hasil proses produksi yang biasanya disebut dengan gudang barang jadi (*warehousing*)

d. Gudang musiman

Adalah gudang yang diperlukan oleh industri tertentu secara musiman sehingga harus memiliki tempat penyimpanan.

Sedangkan, menurut fungsinya gudang dapat dibedakan menjadi 6 yaitu:

a. *General merchandisse warehouses for manufactured goods*

Tipe gudang ini kemungkinan merupakan bentuk yang paling lazim. Tipe ini dirancang untuk digunakan oleh pengusaha pabrik, distributor dan para pelanggan untuk penyimpanan praktis berbagai jenis produk.

b. *Refrigerator or cold storage warehouses*

Gudang untuk penyimpanan yang bersifat dingin. Gudang ini menyediakan lingkungan penyimpanan yang dapat dikendalikan temperaturnya. Umumnya digunakan untuk menyimpan barang-

barang yang tidak tahan lama seperti buah-buahan dan sayur-sayuran, barang-barang farmasi, kertas fotografik dan film, dan barang-barang lainnya yang membutuhkan.

c. Gudang dengan bea/pajak (*bonded warehouses*)

Barang-barang seperti terbakau dan minuman beralkohol impor disimpan di gudang ini. Meskipun pemerintah memegang kendali barang-barang tersebut sampai disalurkan ke pasaran, saat itu juga importer harus membayar kewajiban cukai kepada pemerintah. Keuntungan dari gudang ini adalah tidak perlu membayar bea impor dan pajak pembelian sampai barang dagangan terjual.

d. Gudang barang-barang rumah tangga (*household goods warehouses*)

Digunakan untuk penyimpanan properti/ pribadi. Properti ini secara khusus disimpan dalam jangka panjang yang sifatnya sementara.

Dalam kategori pergudangan ini terdapat beberapa jenis alternatif penyimpanan:

1. Konsep penyimpanan terbuka (*open storage concept*)
2. Ruang pribadi atau kubah penyimpanan (*private room or vault storage*)
3. Penyimpanan dalam wadah (*container storage*)
4. Pergudangan Komoditas Khusus (*special commodity warehouses*)

e. Pergudangan komoditas khusus digunakan untuk produk pertanian khusus seperti butir padi, wol dan katun. Biasanya masing-masing gudang ini menyimpan satu jenis produk dan menawarkan pelayanan special terhadap produk itu.

f. Pergudangan penyimpanan barang penting (*bulk storage warehouses*)

Pergudangan *bulk storage* memberikan tangki penyimpanan cairan dan penyimpanan terbuka atau tersembunyi untuk produk kering seperti batu bara, pasir dan barang-barang kimia. Selain itu juga menyediakan drum pengisi atau campuran berbagai tipe bahan kimia dengan bahan kimia lainnya untuk menghasilkan campuran baru.

2.2.11. Pengaturan Lokasi Penyimpanan Barang

Penyimpanan barang atau produk dalam suatu gudang (*storage*) diatur dan ditata sesuai dengan kebijakan perusahaan yang telah ditentukan.

Pengaturan dan tata letak suatu gudang dapat dilihat dalam beberapa bentuk metode penyimpanan menurut Francis, dkk (1992) berikut, di mana metode terbaik yang akan diambil tergantung pada karakteristik item. Metode-metode tersebut adalah:

a. Metode Penyimpanan Acak (*Random Storage*)

Yaitu penyimpanan item yang datang di setiap lokasi yang tersedia, dimana setiap item mempunyai probabilitas sarana pada setiap lokasi. Penempatan barang hanya memperhatikan jarak terdekat menuju suatu tempat penyimpanan, dengan perputaran penyimpanan menggunakan sistem *First in First out*. Dalam metode ini memiliki kelebihan seperti membutuhkan ruang yang lebih sedikit karena setiap lokasi penyimpanan dapat dipergunakan untuk setiap jenis barang. Kekurangan dari metode ini adalah penempatan barang menjadi kurang teratur karena tidak memperhatikan karakteristik barang serta faktor lain, seperti data keluar masuk barang.

b. Metode Penyimpanan Tetap (*Dedicated Storage*)

Barang disimpan pada lokasi tertentu tergantung karakteristik barangnya. Dalam hal ini barang tidak dapat diletakkan di sembarang tempat karena karakteristik barang, seperti dimensi, berat, dan jaminan keamanan pada setiap barang yang tidak sama. Kelebihan dari metode ini adalah lokasi penyimpanan menjadi lebih teratur dan lebih terorganisir. Kelemahan metode ini adalah penggunaan ruang yang lebih banyak karena tidak setiap jenis barang dapat dimasukkan kedalam area kosong yang tersedia.

c. Metode *class-based storage*

Metode ini merupakan gabungan antara random storage dan *dedicated storage*. Metode *class-based storage* membagi setiap produk yang ada kedalam tiga, empat atau lima kelas berdasarkan perbandingan throughput dan rasio storage-nya. Selain itu pengaturan tempat dirancang lebih fleksibel dengan cara membagi tempat menjadi beberapa bagian, akan tetapi pada setiap tempat tersebut dapat diisi secara acak oleh beberapa jenis barang yang sudah diklarifikasikan berdasarkan jenis maupun karakteristik dari barang tersebut.

d. Metode *shared storage*

Merupakan model penyimpanan dimana kebutuhan ruang penyimpanan diminimasi. Produk yang berbeda menggunakan slot penyimpanan yang sama, walaupun hanya satu produk menempati satu slot ketika satu slot tersebut diisi.

2.2.12. *Snook Table*

Snook table adalah metode atau alat untuk menganalisis beban kerja pada MMH (*Manual Material Handling*). *Snook table* sendiri di perkenalkan oleh S. H. Snook and V. M. Ciriello. Metode ini menganalisa MMH antara lain: *Lifting* (mengangkat), *Carry* (membawa), *Lowering* (menurunkan), *Push* (mendorong), dan *Pull* (menarik). Berikut ini garis besar penggunaan *Snook Table*, sedangkan untuk tabel dan penerapannya dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel *Lifting* dan *Lowering*:

- Pilih jenis kelamin pekerja (*gender*)
- Pilih jarak dari tubuh ke objek (*width*)
- Pilih jarak pengangkatan (*distance*)
- Pilih daerah pengangkatan (*floor to knuckle, knuckle to shoulder, shoulder to arm reach*)
- Cari persen populasi pekerja (*percent*)
- Cari beban pada tabel berdasarkan *width, distance, daerah pengangkatan, gender, dan perulangan*

Tabel *Push* dan *Pull*:

- Pilih jarak dari lantai ke tangan (*height*)
- Pilih jarak pada saat mendorong atau menarik
- Cari persen populasi pekerja (*percent*)
- Cari beban pada tabel

Tabel *Carry*

- Pilih jarak dari lantai ke tangan (*height*)
- Pilih jarak pada saat membawa
- Cari persen populasi pekerja (*percent*)
- Cari beban pada tabel