

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Sebagai hal yang mampu mendukung dan mendasari permasalahan yang telah ditemukan dan akan dibahas, akan diuraikan dengan beberapa teori-teori dan pengertian menurut ahli yang berhubungan dengan permasalahan yang diangkat dalam topik tugas akhir ini.

2.1 Pengertian Tata Letak

Menurut Haizer dan Render (2006:376) dalam bukunya operation management Tata letak memiliki pengaruh besar dalam menentukan efisiensi dalam operational jangka panjang. Tata letak mempunyai pengaruh yang strategis untuk meningkatkan daya saing perusahaan dari berbagai aspek, yaitu aspek kapasitas, proses, fleksibilitas perpindahan barang, produktifitas, sehingga berujung pada efektifitas dan efisiensi waktu dan biaya, dengan tata letak yang optimal jelas akan membantu perusahaan dalam mengembangkan strategy diferensiasi, cost leadership dan respon dalam mengembangkan strategy diferensiasi, cost leadership dan respon yang cepat terhadap permintaan pasar. desain tata letak harus mempertimbangkan bagaimana untuk dapat mencapai :

- Utilitas ruang, peralatan, dan orang yang lebih tinggi.
- Aliran informasi, barang, atau orang yang lebih baik.
- Moral karyawan yang lebih baik, juga kondisi lingkungan kerja yang lebih aman.
- Interaksi dengan pelanggan yang lebih baik.
- Fleksibilitas (bagaimanapun kondisi tata letak yang ada sekarang, tata letak tersebut akan perlu diubah).

2.2 Tinjauan Tata Letak Fasilitas

Didalam perencanaan fasilitas pabrik ada dua hal pokok yang akan dibahas, yaitu pertama berkaitan dengan perencanaan lokasi pabrik (plant location) yaitu penetapan lokasi dimana fasilitas-fasilitas produksi harus ditempatkan, dan yang kedua adalah perancangan fasilitas produksi (facilities design) yang akan meliputi perancangan struktur bangunan (structure design), perancangan tata letak fasilitas produksi (facilities/plan layout design) dan perancangan sistem pemindahan material. Secara skematis hirarki dari perencanaan fasilitas pabrik tersebut dapat digambarkan sebagai berikut : (Sritomo,2000)

Perencanaan lokasi mencakup penentuan tempat fasilitas itu berbeda, yang dipilih dengan memperhatikan faktor-faktor seperti letak pasar, bahan baku, dan keadaan lingkungan. Perencanaan tata letak mencakup tata letak untuk bangunan utama dan penunjang (misalnya bagian personalia, tempat parkir) serta tata letak mesin-mesin didalam pabrik. Perencanaan sistem material handling meliputi penanganan bahan baku, personil, informasi dan peralatan-peralatan yang diperlukan untuk memperlancar pelaksanaan proses produksi.

Dalam perancangan fasilitas, tata letak pabrik sering menimbulkan beberapa masalah yang harus segera diatasi, karena masalah tata letak pabrik merupakan hal pokok dalam menunjang kelancaran proses produksi. Oleh karena itu tata letak pabrik menjadi sangat penting dalam menunjang keberhasilan suatu perusahaan, karena dengan tata letak yang baik dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi yang tinggi selama proses produksi berlangsung.

2.3 Pengertian Tata Letak Fasilitas

Banyak definisi tata letak pabrik yang dikemukakan oleh para ahli yang pada dasarnya adalah sama, diantaranya yaitu :

1. Tata letak pabrik (plan lay out) atau tata letak fasilitas (facilities lay out) adalah tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas fisik pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi (Sritomo, 2000).
2. Tata letak fasilitas adalah fungsi yang melibatkan analisa (sintesa), perencanaan dan desain dari interelasi antara pengaturan fasilitas fisik, pergerakan material, aktivitas yang dihubungkan dengan personil dan aliran informasi yang dibutuhkan untuk mencapai performan optimum dalam rentang aktivitas yang berhubungan (James M, Apple, 1990).

2.4 Ruang Lingkup Rancang Fasilitas

Pekerjaan rancang fasilitas seringkali dikira hanya berhubungan dengan perancangan yang cermat tentang susunan peralatan produksi. Padahal perencanaan demikian hanya merupakan salah satu tahap saja dari suatu rangkaian kegiatan yang sangat luas yang saling berhubungan dan yang secara keseluruhan membentuk kegiatan perancangan tata letak fasilitas.

Ruang lingkup pekerjaan rancang fasilitas mencakup satu kajian yang cermat paling tidak dari bidang-bidang berikut : (James M. Apple, 1990)

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. Pengangkutan | 11. Pengiriman |
| 2. Penerimaan | 12. Perkantoran |
| 3. Gudang bahan baku | 13. Fasilitas Luar (Penunjang) |
| 4. Produksi | 14. Bangunan |
| 5. Perakitan | 15. Lahan |
| 6. Pengemasan dan pengepakan | 16. Lokasi |
| 7. Pемindahan barang | 17. Keamanan |
| 8. Pelayanan pegawai | 18. Buangan |
| 9. Kegiatan produksi penunjang | |
| 10. Pergudangan | |

2.5 Gudang

2.5.1 Pengertian Gudang

Gudang adalah fasilitas khusus yang bersifat tetap, yang dirancang untuk mencapai target tingkat pelayanan dengan total biaya yang paling rendah. Gudang dibutuhkan dalam proses koordinasi penyaluran barang, yang muncul sebagai akibat kurang seimbangnya proses penawaran dan permintaan. Kurang seimbangnya antara proses permintaan dan penawaran mendorong munculnya persediaan (inventory), persediaan membutuhkan ruang sebagai tempat penyimpanan sementara yang disebut gudang (Lambert, 2001)

Definisi gudang menurut Lambert (2001) adalah bagian dari sistem logistik perusahaan yang menyimpan produk-produk (raw material, parts, goods-in-process, finished goods) pada dan antara titik sumber (point-of-origin) dan titik konsumsi (point-of-cumsumption), dan menyediakan informasi kepada manajemen mengenai status, dan disposisi dari item-item yang disimpan.

Apple (1990). Menjelaskan tentang masalah penyimpanan menebus keseluruhan perusahaan, persoalan penyimpanan menyeluruh dapat dipecah kedalam kategori-kategori berikut (Apple, 1990) :

1. Penerimaan (receiving), selama proses penerimaan dan sebelum penyaluran.
2. Persediaan (inventory), penyimpanan bahan baku dan barang yang dibeli jadi sampai diperlukan produksi.
3. Perlengkapan yaitu barang bukan produktif yang digunakan untuk mendukung fungsi produktif

4. Ditengah proses yaitu barang setengah dan sedang menunggu operasi selanjutnya
5. Komponen jadi yaitu sedang menunggu perakitan (dapat juga disimpan pada daerah ditengah proses atau daerah perakitan)
6. Sisa yaitu bahan, bagian, produk dsb, yang akan diproses akan kembali menjadi bentuk yang berguna lagi.
7. Buangan yaitu penumpukan, pemilihan dan penyaluran barang yang tidka berguna lagi.
8. Macam-macam yaitu peralatan, perlengkapan dsb, yang tidak berguna untuk digunakan kembali pada masa yang akan datang
9. Produk jadi yaitu produk yang siap di produksi atau disimpan pada jangka waktu yang cukup lama.

2.5.2 Tujuan Gudang

Tujuan dari adanya tempat penyimpanan dan fungsi dari pergudangan secara umum adalah memaksimalkan penggunaan sumber-sumber yang ada disamping memaksimalkan pelayanan terhadap pelanggan dengan sumber yang terbatas. Sumber daya gudang dan pergudangan adalah ruangan, peralatan dan personil. Pelanggan membutuhkan gudang dan fungs pergudangan untuk dapat memperoleh barang yang di inginkan secara tepat dan dalam konsidi yang baik. Maka dalam perancangan gudang dan system pergudangan diperlukan untuk hal-hal berikut ini (Purnomo, 2004) :

1. Memaksimalkan penggunaan ruang.
2. Memaksimalkan penggunaan peralatan.
3. Memaksimalkan penggunaan tenaga kerja.
4. Memaksialkan kemudahan dalam penerimaan seluruh material dan penerimaan barang.

2.5.3 Fungsi Pergudangan

Menurut Purnomo Hari (2004), sebagian orang beragapan pergudangan hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan barang, padahal banyak aktivitas yang ada pada pergudangan bukan hanya sekadar menaruh material ke dalam dan mengeluarkan dari dalam gudang tersebut. Pergudangan dapat di bedakan menjadi tiga fungsi dasar, yaitu:

1. Movement (perpindahan) material yang terdiri dari:
 - a. Receiving (penerimaan).
 - b. Transfer (perpindahan).

- c. Order selection (melakukan penyeleksian barang).
 - d. Shipping (pengiriman).
2. Storage (penyimpanan)
 - a. Temporare (sementara).
 - b. Semi-permanen.
 - c. Trasfer informasi.

Menurut aliran kerja dari pergudangan, fungsi pergudangan merupakan adalah rangkaian dari aktivitas-aktivitas berikut ini:

1. Receiving, yaitu melakukan penerimaan barang dari pemasok.
2. prepackaging. Setiap barang yang diterima setelah dilakukan administarasi (pencatatan material masuk) selanjutnya dilakukan pengepakan. Pengepakan dapat dilakukan satu per satu dari suatu komponen, bisa saja di kombinasikan dengan komponen yang lainya.
3. Put-away. Material yang sudah dilakukan pengepakan(kemasan) ditempatkan pada tempat penyimpanan sebelum dilakukan proses selanjutnya.
4. Storage atau gudang, merupakan proses penahanan barang sambil menunggu permintaan. Bentuk gudang tergantung ukuran dan kuantitas item didalam persediaan dan karakter dari proses pemindahan atau penangaan produk.
5. Order packing, merupakan proses pemindahan atau pengambilan komponen dari tempat penyimpanan (misal dari pallet rak), memilih dan mengetahui sejauh mana barang sesuai dengan permintaan.
6. Pengepakan dan pemberian harga. Proses ini dilakukan setelah pemungutan atau pengambilan barang dari tempat penyimpanan. Sama halnya dengan aktivitas prepacking, item-item barang baik secara individu maupun kombinasi dari berbagai item barang dilakukan pengepakan. Kemudian dilakukan penetapan harga barang.
7. Sortation, merupakan proses penyortiran barang yang tidak sesuai dengan spesifikasi pesanan.
8. Proses pemuatan dan pengiriman. Sebelum dilakukan pengepakan dan pengiriman ke pelanggan, maka terlebih dahulu dilakukan pengecekan barang yang akan dilempar ke pasar. Kemudian di pak kedalam kontainer yang sesuai, meneliti dokumen-dokumen pengiriman termasuk packing list,

9. pelabelan alamat dan bill of loading. Tugas ini adalah menimbang berat untuk menentukan biaya pengiriman, dan memuatnya ke dalam alat angkut

2.6 Konsep Tata Letak Penyimpanan Barang

Tujuan perencanaan tata letak untuk gudang bahan baku dan gudang barang jadi adalah (Hadiguna & Setiawan, 2008):

1. Utilitas luas lantai secara efektif
2. Menyediakan pemindahan bahan yang efisien
3. Meminimalisi biaya penyimpanan pada saat menyediakan tingkat pelayanan yang dibutuhkan
4. Mencapai fleksibilitas maksimum
5. Menyediakan *housekeeping* yang baik Untuk mencapai tujuan-tujuan di atas, kita harus memadukan beberapa perinsip mengenai gudang.

Prinsip-prinsip yang berhubungan dengan tujuan diatas antara lain (Hadiguna & Setiawan, 2008):

1. Kepopuleran (*Popularity*) Sistem pengangkutan di dalam gudang tentu akan sangat mempengaruhi kegiatan didalam gudang. Apabila kita tidak memperhatikan kegiatan yang terjadi digudang, maka akan terjadi kesimpang siuran gerakan yang terjadi di dalam gudang. Kesimpang siuran gerakan berkaitan dengan waktu yang digunakan untuk mengangkut biaya terhadap waktu kerja. *Popularity* merupakan perinsip melatakkkan item yang memiliki *accessibility* terbesar didekat titik I/O (titik *Input-Output*) tertentu. *Popularity* menggunakan satu rasio R/S atau S/R dengan S adalah *Shipping* dan R adalah *Receiving*. Apabila rasio R/S suatu item terbesar, maka item didekatkan dengan titik I/O dan sebaliknya.

Dalam melakukan pengaturan tata letak barang di gudang terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Menurut Warman (2005) hal yang harus diperhatikandalam melakukan pengaturan tata letak gudang adalah sistem pengukuran kecepatan yang baik dan sistem pengendalian yang baik. Sistem pengukuran kecepatan akan melihat barang berdasarkan klasifikasi kecepatan arus aliran barang dimana barang akan dibagi menjadi 3 macam yaitu *slow moving*, *medium moving*, dan *fast moving*. Dengan melihat ketiga macam barang di atas maka akan dapat dilakukan pengendalian barang dengan baik. Untuk barang-barang *slow moving* hendaknya diletakkan dibagian gudang yang paling sulit untuk dijangkau, dengan alasan karena barang ini sangat jarang mengalami perpindahan barang.

Sedangkan untuk barang-barang *fast moving* biasanya diletakkan bagian yang cukup terbuka sehingga dapat memudahkan dalam melakukan pengambilan barang. Dengan melakukan peletakan barang seperti di atas maka pengendalian dalam melakukan pengambilan barang akan lebih mudah, sehingga efisiensi gudang akan menjadi tinggi (Kurniawan, 2014).

2. *Similarity* Prinsip kedua dalam tata cara penyimpanan digudang berkaitan dengan *similarity* (kemiripan) item yang disimpan, yaitu item yang diterima dan dikirim bersama harus disimpan bersama pula. Dengan menyimpan item yang mirip dalam daerah yang sama, waktu tempuh untuk menerima pesanan dan pemilihan pesanan dapat diminimalisasi. II-14 Gambar 2.1 Penyimpanan Barang Berdasarkan *Popularity*.
3. Ukuran Komponen-komponen kecil yang disimpan dalam gudang yang dirancang khusus untuk komponen-komponen besar akan sangat membuang-buang luas lantai gudang. Namun, pada saat komponen-komponen besar akan disimpan di dalam gudang, komponen tidak akan muat. Oleh karena itu kita perlu menetapkan beberapa ukuran lokasi penyimpanan.
4. Karakteristik Karakteristik material yang disimpan sering kali berlawanan penyimpanan dan penangannya dengan metode *similarity*, *popularity*, dan ukuran. Beberapa karakteristik material antara lain:
 - a. Material mudah rusak, sehingga lingkungan tempat penyimpanan harus ideal.
 - b. Bentuk unik, sehingga menimbulkan masalah dalam area penyimpanan dan pemindahan barang.
 - c. Item mudah hancur, sehingga kita harus memperhatikan tingkat kelembaban, ukuran *unit load*, dan metode penyimpanan.
 - d. Material berbahaya, sehingga kita harus menyimpan pada lokasi sendiri.
 - e. Keamanan material berkaitan dengan proses pemindahan bahan dimana diusahakan agar barang tidak mengalami benturan.
 - f. *Compability* merupakan karakteristik penyimpanan item kimiawi yang mudah breaksi dengan zat kimia lainnya.
5. Utilisasi luas lantai Perencanaan penyimpanan meliputi pula menentukan kebutuhan luas lantai untuk penyimpanan barang. Walaupun demikian, saat mempertimbangkan prinsip-prinsip *popularity*, *similarity*, ukuran, dan karakteristik material; tata letak harus dibangun sedemikian rupa sehingga

6. dapat memaksimalkan utilitas luas lantai dan tingkat pelayanan yang disediakan. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan ketika membangun sebuah tata letak antara lain:
 - a. Konservasi luas lantai Konservasi luas lantai menyangkut memaksimalkan konsentrasi dan utilitas kubik dan meminimalisasi *honeycombing*. Memaksimalkan luas lantai akan menambah fleksibilitas dan kemampuan menangani penerimaan barang dalam jumlah banyak.
 - b. Keterbatasan luas lantai Utilitas luas lantai akan terbatas pada tiang penyangga, *sprinkler* dan tinggi langit-langit, beban lantai, tiang dan rangka, serta tinggi penumpukan material yang aman.
 - c. *Accessibility* Kelebihan muatan dalam utilitas luas lantai akan mengakibatkan *accessibility* material yang jelek. Kita harus merencanakan jarak gang agar cukup luas untuk penanganan material yang efisien dan menempatkannya sedemikian rupa sehingga tiap sisi depan daerah penyimpanan memiliki jalur gang. Seluruh jarak gang harus berbentuk lurus.

2.7 Sistem Pemindahan Bahan

Sistem pemindahan bahan (*material handling* sistem) pada dasarnya dirancang secara simultan dengan tata letak fasilitas. Namun, keberadaan sistem pemindahan bahan lebih fokus pada tata cara pemindahan bahan, baik dari jenis alat pemindahan bahan maupun prosedur pemindahannya. Sistem pemindahan bahan dapat didefinisikan sebagai mekanisme mengelola pemindahan bahan dengan mempertimbangkan aspek ekonomis, ergonomis, dan teknis. Sistem pemindahan bahan merupakan bagian sistem pengendalian produksi. Sistem pemindahan bahan merupakan upaya agar dapat mereduksi *lead time*. Perpindahan bahan tidak dapat dihindarkan meskipun merupakan *waste*. Namun, dengan perancangan sistem pemindahan bahan yang baik kita dapat mengurangnya. Salah satu hal terpenting adalah pemilihan alat pemindahan bahan yang tepat guna (Hadiguna, 2009). Sebagai catatan, dalam kegiatan manufaktur, pemindahan bahan mengambil porsi 25% dari jumlah pekerja, 55% dari luas lantai yang digunakan, dan 87% dari waktu produksi yang digunakan. Informasi demikian merupakan bukti nyata pentingnya perancangan sistem pemindahan bahan yang mampu mereduksi kontribusi pekerja, pemakaian luas lantai, dan waktu produksi. Pada umumnya, perancangan diatas dilakukan dengan cara ekonomis gerakan untuk tipe manual dan pemilihan alat pemindahan bahan yang memberikan manfaat lebih besar dibandingkan dengan biaya investasi yang dikeluarkan (Hadiguna, 2009).

2.8 Metode Penyimpanan dalam Gudang

Ada empat metode yang dapat digunakan untuk mengatur lokasi penyimpanan suatu barang, yaitu (Hidayat, 2012):

1. Metode *Dedicated Storage*

Metode ini sering disebut sebagai penyimpanan yang sudah tertentu dan tetap karena lokasi untuk tiap barang sudah ditentukan tempatnya. Jumlah lokasi penyimpanan untuk suatu produk harus dapat mencukupi kebutuhan ruang penyimpanan yang paling maksimal dari produk tersebut. Ruang penyimpanan yang diperlukan adalah kumulatif dari kebutuhan penyimpanan maksimal dari tiap jenis produknya jika produk yang akan disimpan lebih dari satu jenis.

2. Metode *Randomized Storage*

Metode ini sering disebut dengan *floating lot storage*, yaitu penyimpanan yang memungkinkan produk yang disimpan berpindah lokasi penyimpanannya setiap waktu. Penempatan barang hanya memperhatikan jarak terdekat menuju suatu tempat penyimpanan dengan perputaran penyimpanannya menggunakan sistem FIFO (*First In First Out*). Faktor-faktor lain seperti jenis barang yang disimpan, dimensi, dan jaminan keamanan barang kurang diperhatikan. Hal ini membuat penyimpanan barang menjadi kurang teratur.

3. Metode *Class-Based Storage*

Metode *Class-Based Storage* ini merupakan kebijakan penyimpanan yang membagi barang menjadi tiga kelas A, B, dan C berdasarkan pada hukum Pareto dengan memperhatikan level aktivitas *Storage* dan *Retrieval (S/R)* dalam gudang. Metode ini membuat pengaturan tempat dirancang lebih fleksibel yaitu dengan cara membagi tempat penyimpanan menjadi beberapa bagian. Tiap tempat tersebut dapat diisi secara acak oleh beberapa jenis barang yang telah diklasifikasikan berdasarkan jenis maupun ukuran dari barang tersebut. Menurut Heragu (1997) metode *Class Based Storage* ini merupakan metode yang didasarkan pada penelitian diagram Pareto bahwa Negara yang memiliki populasi dengan persentase terkecil memiliki banyak jutawan. Contoh: suatu perusahaan memperoleh 80% keuntungan dari 20% produk yang disimpan, 15% dari 30% produk dan 5% dari 50% produk. Dari data tersebut dapat diperoleh pembagian kelasnya, yaitu: antara 0%-5% dari total pendapatan termasuk dalam kelas C, 5%-20% kelas B, dan 20%-80% termasuk kelas A.

Kelas A diletakkan di dekat pintu masuk-keluar untuk menghemat waktu penyimpanan, kelas B diletakkan sesudah kelas A, dan seterusnya (Hapsari dan Susanto, 2008)

4. Metode *Shared Storage*

Para manajer gudang menggunakan variasi dari metode *dedicated storage* sebagai jalan keluar untuk mengurangi kebutuhan ruang penyimpanan dengan penentuan produk secara lebih hati-hati terhadap ruang yang dipakai. Produk-produk yang berbeda menggunakan *slot* penyimpanan yang sama, walaupun hanya satu produk menempati satu *slot* ketika *slot* tersebut terisi. Model penyimpanan seperti ini yang dinamakan *shared storage*. Kebutuhan ruang yang diperlukan untuk metode *shared storage* berkisar antara kebutuhan 11-18 ruang untuk metode *randomized storage* dan *dedicated storage* tergantung dari banyaknya informasi yang tersedia mengenai level persediaan selama kurun waktu tertentu. Metode *shared storage* dan *randomized storage* memiliki perbedaan. Metode *randomized storage* berkenaan dengan spesifikasi total lokasi penyimpanan dari produk. Metode *shared storage* berkenaan dengan lokasi yang bergantung pada munculnya tempat kosong dalam gudang. Metode *shared storage* lebih cocok digunakan jika produk yang disimpan bermacam-macam jenisnya dengan permintaan yang relatif konstan.

2.9 Pengertian Ergonomi

Ergonomi berasal dari kata : ‘ergon’ = kerja, ‘nomos’ = peraturan / hukum, jadi Ergonomi dapat diartikan sebagai ilmu aturan tentang kerja. “Ergonomi adalah : ilmu serta penerapannya yang berusaha menyasikan pekerjaan dan lingkungan terhadap orang atau sebaliknya dengan tujuan tercapainya produktivitas dan efisiensi yang setinggi-tingginya melalui pemanfaatan manusia seoptimal mungkin “ Konsepnya adalah ilmu yang membahas tentang kelebihan dan keterbatasan manusia dan secara sistematis memanfaatkan informasi-informasi tersebut untuk rancang bangun, sehingga menghasilkan produk, sistem atau lingkungan kerja yang lebih baik. Menurut Sutalaksana, 1979, ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman dan nyaman. Di dalam ergonomi terkandung makna penyasian jenis pekerjaan dan lingkungan kerja terhadap tenaga kerja atau sebaliknya. Hal ini terkait dengan penggunaan teknologi yang tepat, sesuai dan serasi dengan jenis pekerjaan serta didukung oleh penggunaan teknologi yang tepat, sesuai dan serasi dengan jenis pekerjaan serta diperlukan

pemahaman tentang bagaimana caranya memanfaatkan manusia sebagai tenaga kerja seoptimal mungkin sehingga diharapkan tercapai efisiensi, efektivitas dan produktivitas yang optimal. Banyak definisi tentang ergonomi yang dikeluarkan oleh para pakar dibidangnya antara lain:

- Ergonomi adalah "Ilmu" atau pendekatan multidisipliner yang bertujuan mengoptimalkan sistem manusia-pekerjaannya, sehingga tercapai alat, cara dan lingkungan kerja yang sehat, aman, nyaman, dan efisien (Manuaba, A., 1981).
- Ergonomi adalah ilmu, seni, dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktifitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka. dkk, 2004).
- Ergonomi adalah ilmu tentang manusia dalam usaha untuk meningkatkan kenyamanan di lingkungan kerja (Nurmianto, 1996).
- Ergonomi adalah ilmu serta penerapannya yang berusaha untuk menyasikan pekerjaan dan lingkungan terhadap orang atau sebaliknya dengan tujuan tercapainya produktifitas dan efisiensi yang setinggi-tingginya melalui pemanfaatan manusia seoptimal-optimalnya (Suma'mur, 1987).
- Ergonomi adalah praktek dalam mendesain peralatan dan rincian pekerjaan sesuai dengan kapabilitas pekerja dengan tujuan untuk mencegah cedera pada pekerja. (OSHA, 2000).

Dari berbagai pengertian di atas, dapat diinterpretasikan bahwa pusat dari ergonomi adalah manusia. Konsep ergonomi adalah berdasarkan kesadaran, keterbatasan kemampuan, dan kapabilitas manusia. Sehingga dalam usaha untuk mencegah cedera, meningkatkan produktivitas, efisiensi dan kenyamanan dibutuhkan penyasian antara lingkungan kerja, pekerjaan dan manusia yang terlibat dengan pekerjaan tersebut.

2.10 Prinsip ergonomic

Memahami prinsip ergonomi akan mempermudah evaluasi setiap tugas atau pekerjaan meskipun ilmu pengetahuan dalam ergonomi terus mengalami kemajuan dan teknologi yang digunakan dalam pekerjaan tersebut terus berubah. Prinsip ergonomi adalah pedoman dalam menerapkan ergonomi di tempat kerja, menurut Baiduri dalam diktat kuliah ergonomi terdapat 12 prinsip ergonomi yaitu:

- Bekerja dalam posisi atau postur normal;
- Mengurangi beban berlebihan;
- Menempatkan peralatan agar selalu berada dalam jangkauan;
- Bekerja sesuai dengan ketinggian dimensi tubuh;
- Mengurangi gerakan berulang dan berlebihan;
- Minimalisasi gerakan statis;
- Minimalisasikan titik beban;
- Mencakup jarak ruang;
- Menciptakan lingkungan kerja yang nyaman;
- Melakukan gerakan, olah raga, dan peregangan saat bekerja;
- Membuat agar *display* dan contoh mudah dimengerti;
- Mengurangi stres.

Ergonomi memiliki beberapa prinsip-prinsip yang digunakan sebagai pegangan dalam pembuatan alat-alat kerja atau fasilitas kerja, prinsip-prinsip ergonomi sebagai berikut:

1. Sikap tubuh dalam pekerjaan sangat dipengaruhi oleh betuk, susunan, ukuran dan penempatan alat-alat petunjuk, cara harus melayani mesin.
2. Ukuran-ukuran anthropometri terpenting sebagai dasar ukuran-ukuran dan penempatan alat-alat industri:
Pekerjaan duduk ukurannya:
 - a) Tinggi duduk
 - b) Panjang lengan atas
 - c) Panjang lengan bawah dan tangan
 - d) Jarak lekuk lutut dan garis punggung
3. Tempat duduk yang baik memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - a) Tinggi dataran duduk yang dapat diukur dengan papan kaki yang sesuai dengan tinggi lutut sedangkan paha dalam keadaan datar.
 - b) Papan tolak punggung yang tingginya data diukur dan menekan pada punggung.
4. Beban tambahan akibat lingkungan sebaiknya ditekan menjadi sekecil-kecilnya (Suma'mur,2009).

2.11 Sejarah Ergonomi

Ergonomi mulai dicetuskan pada tahun 1949, akan tetapi aktivitas yang berkenaan dengannya telah bermunculan puluhan tahun sebelumnya. Beberapa kejadian penting diilustrasikan sebagai berikut:

1. C.T. Thackrah, England, 1831

Trackrah adalah seorang dokter dari Inggris/*England* yang meneruskan pekerjaan dari seorang Italia bernama Ramazzini, dalam serangkaian kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan kerja yang tidak nyaman yang dirasakan oleh para operator di tempat kerjanya. Ia mengamati postur tubuh pada saat bekerja sebagai bagian dari masalah kesehatan. Pada saat itu Trackrah mengamati seorang penjahit yang bekerja dengan posisi dan dimensi kursi-meja yang kurang sesuai secara Anthropometri, serta pencahayaan yang tidak ergonomis sehingga mengakibatkan membungkuknya badan dan iritasi indera penglihatan.

2. F.W. Taylor, U.S.A., 1889

Frederick W. Taylor adalah seorang insinyur Amerika yang menerapkan metoda ilmiah untuk menentukan cara yang terbaik dalam melakukan suatu pekerjaan.

3. F.B. Gilbreth, U.S.A., 1911

Gilbreth juga mengamati dan mengoptimasi metoda kerja, dalam hal ini lebih mendetail dalam Analisa Gerakan dibandingkan dengan Taylor. Dalam bukunya *Motion Study* yang diterbitkan pada tahun 1911 ia menunjukkan bagaimana postur membungkuk dapat diatasi dengan mendesain suatu sistem meja yang dapat diatur turun-naik (*adjustable*).

4. Badan Penelitian untuk Kelelahan Industri (*Industrial Fatigue Research Board*),

England, 1918 Badan ini didirikan sebagai penyelesaian masalah yang terjadi di pabrik amunisi pada Perang Dunia Pertama. Mereka menunjukkan bagaimana output setiap harinya meningkat dengan jam kerja per hari-nya yang menurun.

5. E. Mayo dan teman-temannya, U.S.A., 1933

Elton Mayo seorang warga negara Australia, memulai beberapa studi di suatu Perusahaan Listrik. Tujuan studinya adalah untuk mengkuantifikasi pengaruh dari variabel fisik seperti pencahayaan dan lamanya waktu istirahat terhadap faktor efisiensi dari para operator kerja pada unit perakitan.

6. Perang Dunia Kedua, England dan U.S.A

Masalah operasional yang terjadi pada peralatan militer yang berkembang secara cepat (seperti misalnya pesawat terbang). Masalah yang ada pada saat itu adalah penempatan dan identifikasi untuk pengendali pesawat terbang, efektivitas alat peraga (*display*), handel pembuka, ketidak-nyamanan karena terlalu panas atau

terlalu dingin, desain pakaian untuk suasana kerja yang terlalu panas atau terlalu dingin dan pengaruhnya pada kinerja operator.

7. Pembentukan Kelompok Ergonomi

Pembentukan Masyarakat Peneliti Ergonomi (*the Ergonomics Research Society*) di England pada tahun 1949 melibatkan beberapa profesional yang telah banyak berkecimpung dalam bidang ini. Hal ini menghasilkan jurnal (majalah ilmiah) pertama dalam bidang Ergonomi pada November 1957. Perkumpulan Ergonomi Internasional (*The International Ergonomics Association*) terbentuk pada 1957, dan *The Human Factors Society* di Amerika pada tahun yang sama. Diketahui pula bahwa Konferensi Ergonomi Australia yang pertama diselenggarakan pada tahun 1964, dan hal ini mencetuskan terbentuknya Masyarakat Ergonomi Australia dan New Zealand (*The Ergonomics Society of Australian and New Zealand*).

2.12 Perkembangan Ergonomi

Perkembangan ergonomi dipopulerkan pertama kali pada tahun 1949 sebagai judul buku yang dikarang oleh Prof. Murrel. Sedangkan kata ergonomi itu sendiri berasal dari bahasa Yunani yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (aturan/prinsip/kaidah). Istilah ergonomi digunakan secara luas di Eropa. Di Amerika Serikat dikenal istilah *human factor* atau *human engineering*. Kedua istilah tersebut (*ergonomic* dan *human factor*) hanya berbeda pada penekanannya. Intinya kedua kata tersebut sama-sama menekankan pada performansi dan perilaku manusia. Menurut Hawkins (1987), untuk mencapai tujuan praktisnya, keduanya dapat digunakan sebagai referensi untuk teknologi yang sama.

Ergonomi telah menjadi bagian dari perkembangan budaya manusia sejak 4000 tahun yang lalu (Dan Mac Leod, 1995). Perkembangan ilmu ergonomi dimulai saat manusia merancang benda-benda sederhana, seperti batu untuk membantu tangan dalam melakukan pekerjaannya, sampai dilakukannya perbaikan atau perubahan pada alat bantu tersebut untuk memudahkan penggunaannya. Pada awalnya perkembangan tersebut masih tidak teratur dan tidak terarah, bahkan kadang-kadang terjadi secara kebetulan.

Perkembangan ergonomi modern dimulai kurang lebih seratus tahun yang lalu pada saat Taylor (1880-an) dan Gilberth (1890-an) secara terpisah melakukan studi tentang waktu dan gerakan. Penggunaan ergonomi secara nyata dimulai pada Perang Dunia I untuk mengoptimasikan interaksi antara produk dengan manusia. Pada tahun 1924 sampai 1930 *Hawthorne Works of Wertern Electric* (Amerika) melakukan suatu percobaan tentang ergonomi yang selanjutnya dikenal dengan "*Hawthorne Effects*" (Efek Hawthorne). Hasil percobaan ini memberikan konsep baru tentang motivasi ditempat kerja dan menunjukkan hubungan fisik dan langsung antara manusia dan mesin. Kemajuan ergonomi semakin terasa setelah Perang Dunia II

dengan adanya bukti nyata bahwa penggunaan peralatan yang sesuai dapat meningkatkan kemauan manusia untuk bekerja lebih efektif. Hal tersebut banyak dilakukan pada perusahaan-perusahaan senjata perang.

2.13 Penerapan Ergonomi

Penerapan ergonomi berarti penerapan perilaku kerja manusia yang benar di lingkungan kerja. Ergonomi dapat di terapkan pada beberapa aspek dalam bekerja, yaitu posisi kerja, proses kerja, tata letak tempat kerja dan fasilitas yang terdapat di tempat kerja/kantor, serta cara pengangkatan beban. Kegunaan dari penerapan ergonomi adalah untuk memperbaiki performa dan mengurangi energi kerja yang berlebihan serta mengurangi kelelahan, mengurangi waktu yang terbuang sia-sia, dan meminimalkan kerusakan peralatan atau fasilitas kerja/kantor yang disebabkan kesalahan manusia dan memperbaiki kenyamanan dalam bekerja.

Di dunia industri ergonomi mempunyai tujuan yang sangat baik. Tujuan secara umum dari ergonomi sendiri yaitu sebagai berikut:

- a. Bisa meningkatkan kesejahteraan fisik maupun mental melalui upaya pencegahan cedera maupun penyakit yang diakibat oleh kerjaan, sera bisa menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Bisa meningkatkan kesejahteraan sosial bagi karyawan melalui peningkatan kualitas kontrak sosial, selain itu juga dapat mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Dapat menciptakan keseimbangan rasional antra berbagai aspek yaitu mulai dari aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Untuk yang selajutnya yaitu memahami prinsip ergonomi. Dengan memahami prinsip ergonomi dapat mempermudah evaluasi pada setiap pekerjaan meskipun ilmu pengetahuan tentang ergonomi terus mengalami kemajuan serta tidak ketinggalan teknologi yang digunakan dalam pekerjaan terus berubah. Prinsip ergonomi sendiri adalah pedoman dalam menerapkan ergonomi di dunia industri, dari prinsip tersebut terdapat 12 prinsip ergonomi yaitu:

1. Bekerja dalam posisi normal;
2. Mengurangi beban yang berlebihan;
3. Menempatkan peralatan yang selalu dalam jangkauan;

4. Bekerja sesuai dengan ketinggian ukuran tubuh;
5. Dapat mengurangi gerakan berulang dan berlebihan;
6. Minimalisasi gerakan diam;
7. Minimalisir titik beban;
8. Bisa mencakup jarak ruang;
9. Menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan aman;
10. Melakukan gerakan dan peregangan saat bekerja;
11. Membuat agar *display* dan contoh mudah untuk dipahami;
12. Mengurangi tingkat stres.

2.14 Anthropometri

Anthropometri berasal dari kata “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Secara umum anthropometri dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan pengukuran dimensi tubuh manusia. Pada dasarnya manusia terlahir dengan bentuk dan ukuran yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu ilmu anthropometri digunakan sebagai pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan interaksi manusia.

Ada beberapa aplikasi ilmu anthropometri yang dapat diteapkan dalam kehidupan sehari-hari antara lain perancangan area kerja (*work station*), perancangan peralatan mesin, perancangan produk, dan juga perancangan lingkungan kerja.

Menurut Stevenson (1989) dan Nurmiyanto (1991) Anthropometri adalah satu kumpulan data dan numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia, ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut digunakan untuk penanganan masalah desain.

2.15 Data Anthropometri dan Cara Pengukurannya

Pada umumnya, manusia mempunyai ukuran dan bentuk yang berbeda-beda. Di dalam merancang suatu produk ataupun lingkungan kerja harus memperhatikan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ukuran tubuh manusia, antara lain :

1. **Usia.** Secara umum digolongkan menjadi beberapa kelompok usia yakni balita, anak-anak, remaja, dewasa, dan lanjut usia. Hal ini jelas berpengaruh apabila desain dipublikasikan untuk anthropometri anak-anak. Anthropometri akan cenderung meningkat sampai pada batas umur dewasa yang disebabkan oleh berkurangnya elastisitas tulang belakang.
2. **Jenis Kelamin.** Dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya akan lebih besar dibandingkan perempuan, terkecuali untuk beberapa bagian tubuh tertentu

seperti pinggul. **Suku Bangsa.** Setiap suku bangsa memiliki karakter fisik yang berbeda. Gambar..... berikut menunjukkan adanya perbedaan dimensi ukuran (tinggi) dan berbagai macam suku bangsa tertentu.

Catatan :

1. Amerika	6. Italia (milimeter)
2. Inggris	7. Perancis (milimeter)
3. Swedia	8. Jepang (milimeter)
4. Jepang	9. Turki (milimeter)
5. Amerika (Pilot)	

3. Cacat Tubuh Secara Fisik

Dimana data anthropometri di sini akan diperlukan untuk perancangan produk atau lingkungan kerja orang-orang yang cacat secara fisik.

4. Pakaian

Tebal tipisnya pakaian yang digunakan akan berpengaruh terhadap anthropometri. Dimana faktor iklim yang berbeda akan memberikan variasi yang berbeda pula.

5. Kehamilan

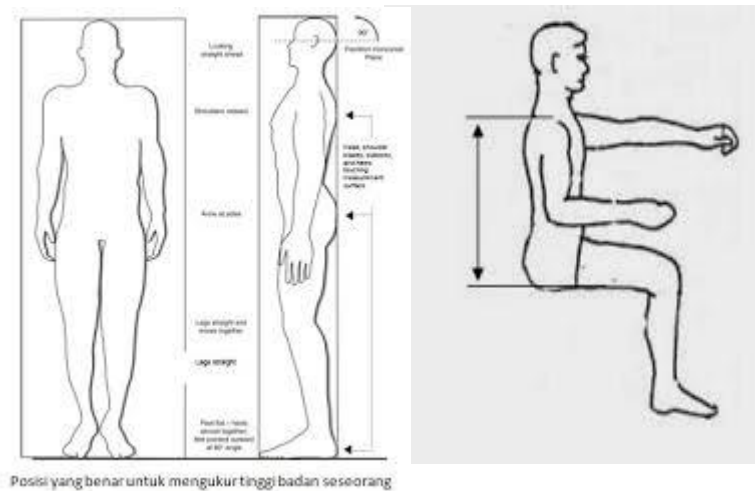
Faktor ini jelas akan berpengaruh terhadap perbedaan wanita yang tidak hamil dengan wanita yang sedang hamil

6. Posisi Tubuh

Sikap atau posisi tubuh manusia akan berpengaruh terhadap ukuran tubuh, oleh sebab itu harus diterapkan cara pengukurannya. Ada 2 cara pengukuran yang berkaitan dengan posisi tubuh yaitu:

a. Pengukuran dimensi struktur tubuh

Dalam hal ini tubuh dalam berbagai posisi standard dan tidak bergerak (tetap tegak sempurna). Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap antara lain meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri tegak maupun duduk, ukuran kepala, tinggi/panjang lutut pada saat berdiri tegak/duduk, panjang lengan dan sebagainya. Ukuran dalam hal ini diambil dengan percentile tertentu seperti 5-th dan 95-th percentile.



Posisi yang benar untuk mengukur tinggi badan seseorang

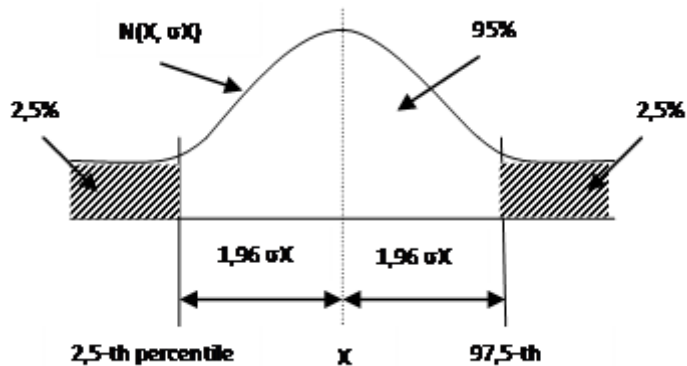
Gambar 2. 1 Pengukuran Diensi Tubuh dalam Posisi Berdiri Tegak dan Duduk Tegap

b. Pengukuran dimensi fungsional tubuh

Pengukuran dilakukan terhadap tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan. Gambar,,, menunjukkan beberapa contoh pengukuran fungsi tubuh dalam melakukan beberapa gerakan kerja yang dinamis.

2.16 Aplikasi distribusi normal dan penetapan data anthropometri

Data Anthropometri jelas diperlukan supaya rancangan suatu produk bisa sesuai dengan orang yang akan mengoperasikannya. Permasalahan yang akan timbul adalah ukuran-ukuran siapakah yang nantinya akan dipilih sebagai acuan untuk mewakili populasi yang ada. Mengingat ukuran individu yang berbeda-beda satu dengan populasi yang menjadi target sasaran produk tersebut. Seperti yang telah diuraikan sebelumnya problem adanya variasi ukuran sebenarnya akan lebih mudah diatasi bilamana kita mampu merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat “mampu sesuai” (*adjustable*) dengan suatu rentang ukuran tertentu seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



(sumber: Stevenson, 1989; Nurmianto, 1991)

Gambar 2. 2 Distribusi normal dengan data anthropometri 95-th percentile

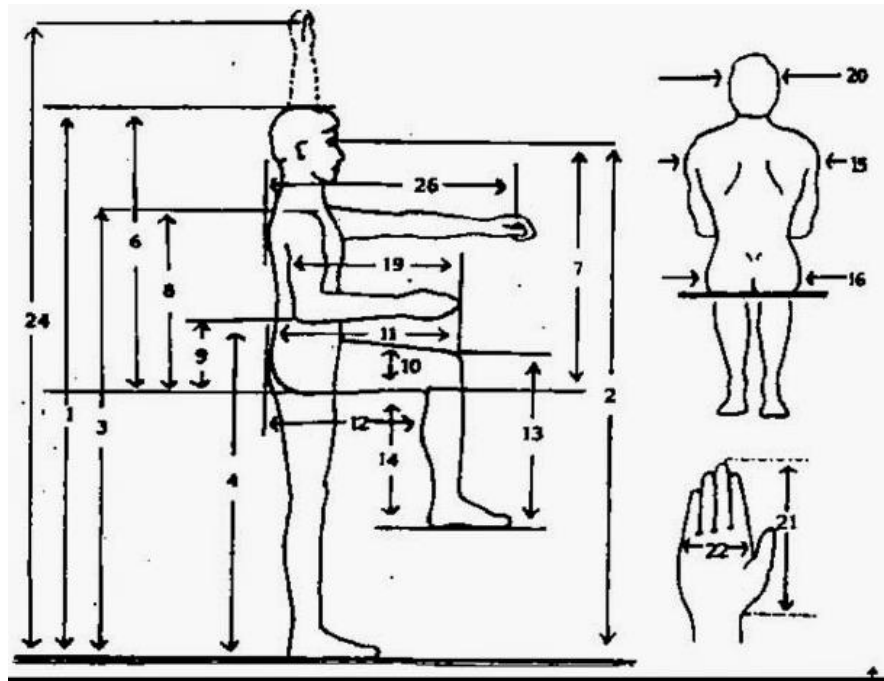
Penetapan data Anthropometri ini, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Dalam statistik, distribusi normal dapat formulasikan berdasarkan harga rata-rata (mean, \bar{x}) dan simpangan standarnya (*standar deviation*, sX) dari data yang ada. Dari nilai yang ada maka “*percentiles*” dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Dengan *percentile*, maka yang dimaksud disini adalah suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Sebagai contoh 95-th *percentile* akan menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran tersebut; sedangkan 5-th *percentile* akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran itu. Dalam Anthropometri ukuran 95-th akan menggambarkan ukuran manusia yang “terbesar” dan 5-th *percentile* sebaliknya akan menunjukkan ukuran “terkecil”. Pemakaian nilai-nilai *percentile* yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dapat dijelaskan dalam tabel 2.1 berikut ini

Tabel 2. 1 Macam Percentile dan Cara Perhitungan dalam Distribusi Normal

<i>Percentile</i>	Perhitungan
1-st	$X - 2.325 \delta x$
2.5-th	$X - 1.96 \delta x$
5-th	$X - 1.645 \delta x$
10-th	$X - 1.28 \delta x$
50-th	X
90-th	$X + 1.28 \delta x$
95-th	$X + 1.645 \delta x$
97.5-th	$+ 1.96 \delta x$
99-th	$X + 2.325 \delta x$

(Sumber : Stevenson, 1989; Nurmianto, 1991)

Aplikasi data anthropometri dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja memerlukan informasi tentang ukuran berbagai anggota tubuh seperti terlihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.3 Anthropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

Tabel 2. 2 Anthropometri Tubuh Manusia

No.	Dimensi Tubuh	Simbol
1	Tinggi tubuh posisi berdiri tegak	Ttpb
2	Tinggi mata	Tm
3	Tinggi bahu	Tb
4	Tinggi siku	Ts
5	Tinggi genggam tangan pada posisi duduk	Tgtd
6	Tinggi badan pada posisi duduk	Tbd
7	Tinggi mata posisi duduk	Tmpd
8	Tinggi bahu pada posisi duduk	Tbpd

9	Tinggi siku posisi duduk	Tspd
10	Tebal paha	Tp
11	Jarak dari pantat ke lutut	Jpl
12	Jarak dari lipatan lutut ke pantat	Jllp
13	Tinggi lutut	Tl
14	Tinggi lipatan lutut	Tll
15	Lebar bahu	Lb
16	Lebar panggul	Lp
17	Tebal dada	Td
18	Tebal perut	Tep
19	Jarak dari siku ke ujung jari	Jsuju
20	Lebar kepala	Lk
21	Panjang tangan	Pt
22	Lebar tangan	Lt
23	Jarak bentang dari ujung tangan kanan ke kiri	Jbkk
24	Tinggi pergelangan tangan posisi tangan vertikal ke atas dan berdiri tegak	Tptv
25	Tinggi pergelangan tangan vertikal ke atas dan duduk	Tpvd
26	Jarak genggam tangan ke punggung pada posisi duduk	Jgpd

(Sumber : Stevenson, 1989; Nurmianto, 1991)

Tabel 2. 3 Anthropometri Tangan

No.	Dimensi Tangan	Simbol
1	Panjang tangan	Pata
2	Panjang telapak tangan	Ptt
3	Panjang ibu jari	Pij
4	Panjang jari telunjuk	Pjt
5	Panjang jari tengah	Pajt
6	Panjang jari manis	Pjm
7	Panjang jari kelingking	Pjk
8	Lebar ibu jari	Lij
9	Tebal ibu jari	Tij
10	Lebar jari telunjuk	Ljt
11	Tebal jari telunjuk	Tjt
12	Lebar telapak tangan	Ltt
13	Lebar telapak tangan (sampai ibu jari)	Lttj
14	Lebar telapak tangan minimum	Lttm
15	Tebal telapak tangan	Ttt
16	Tebal telapak tangan sampai ibu jari	Tttj
17	Diameter genggam	Dg
18	Lebar maksimum ibu jari ke kelingking	Lmjk
19	Lebar fungsional	Lf
20	segi empat minimum yang dapat dilewati telapak tangan	Semt

(Sumber : Stevenson, 1989; Nurmiyanto, 1991)

2.17 Konsep Anthropometri

Istilah anthropometri berasal dari “anthro” yang berarti manusia dan “metri” yang berarti ukuran. Anthropometri adalah pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia khususnya dimensi tubuh (Wignjosoebroto, 2000). Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (*design*) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia.

Secara definisi anthropometri dapat dinyatakan sebagai studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia, antara lain meliputi bentuk, ukuran

(tinggi, lebar, tebal), dan berat. Anthropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia, ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Data anthropometri yang berhasil diperoleh diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal:

1. Perancangan areal kerja
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, equipment, perkakas.
3. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi, komputer, dan lain-lain.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Oleh karena itu perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan dengan nyaman dan aman.

Menurut Nurmianto (1998), anthropometri adalah sekumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia, ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Penerapan data anthropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai mean (rata-rata) dan standart deviasi dari suatu distribusi normal.

2.18 Anthropometri Untuk Perancangan Rak Pallet

Untuk mendesain peralatan secara ergonomis yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari atau mendesain peralatan yang ada pada lingkungan seharusnya disesuaikan dengan manusia dan lingkungan tersebut. Apabila tidak ergonomis akan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif pada manusia tersebut. Dampak negatif bagi manusia tersebut akan terjadi baik dalam waktu jangka pendek maupun jangka panjang. Bekerja pada kondisi yang tidak ergonomis dapat menimbulkan berbagai masalah antara lain: nyeri, kelelahan, bahkan kecelakaan kerja (Santoso, 2004).

Menurut Nurmianto (2003) berkaitan dengan aplikasi data anthropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa sarana/ rekomendasi yang bisa diberikan sesuai langkah-langkah berikut ini:

- 1) Pertama kali terlebih dahulu harus diterapkan anggota tubuh mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rencana tersebut.
- 2) Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini perlu juga diperhatikan apakah harus menggunakan data dimensi atau statis tubuh diamis.

- 3) Selanjutnya tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai perancang produk tersebut. Hal ini lazim dikenal sebagai “segmentasi pasar” seperti produk mainan anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita dan lain-lain.

2.18.1 Uji Keseragaman Data

Untuk memastikan bahwa data yang terkumpul merupakan data yang seragam, maka dilakukan pengujian terhadap keseragaman data. Adapun rumus untuk pengujian data adalah sebagai berikut:

1. Mencari reratanya dengan menggunakan rumus 2.5
2. Mencari standart deviasi dengan rumus 2.5 dibawah ini: (Endrayanto dan Sujarweni, 2011)

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

3. Menghitung batas-batas kendali

$$\text{BKA (Batas Kontrol Atas)} = \bar{X} + K \cdot \delta$$

$$\text{BKB (Batas Kontrol Bawah)} = \bar{X} - K \cdot \delta$$

K adalah harga indeks besarnya tergantung pada tingkat kepercayaan

Tingkat kepercayaan 68% → K = 1

Tingkat kepercayaan 95% → K = 2

Tingkat kepercayaan 995 → K = 3 (Nurmianto, 2005)

2.18.2 Uji Kecukupan Data

Sebuah data perlu dilakukan uji kecukupan data agar kita dapat mengetahui data yang didapatkan apa sudah cukup atau belum. Apakah suatu data belum memenuhi kecukupan data, beberapa data mungkin melebihi nilai dari N. Adapun cara untuk uji kecukupan data sebagai berikut:

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

2.19 Penelitian Terdahulu

Kajian penelitian terdahulu merupakan kajian tentang hasil penelitian orang lain yang mana penelitian tersebut dilakukan dengan cara yang benar dan sah.

1. Perancangan Tata Letak Gudang dengan Metode *Class-Based Storage* Studi Kasus CV. SG Bandung (Nita Puspita Anugrawati Hidayat, 2012)

Pada penelitian ini telah dilakukan perencanaan dan perancangan rak untuk gudang. Rak susun yang dirancang diharapkan mampu menjadi medaia dari permasalahan penataan gudang yang sebelumnya menggunakan *randomized storage* yang mana pada metode ini kain ditempatkan secara acak tanpa aturan tertentu yang menyebabkan proses pencarian barang menjadi sulit. Pada penelittan ini metode penyimpanan telah diubah menjadi *Class-Based Storage* yang mampu memperbaiki tatanan dan penempatan serta peningkatan utilisasi kapasitas gudang. Dengan menggunakan metode *Class-Based Storgae* peneliti juga merancang sebuah rak susun untuk barang pada gudang guna menghindari penumpukan dan penempatan barang yang sembarang.

2. Perancangan Rak Susun Peletakan Loyang Roti yang Ergonomis di Rehan Bakery Cabang Medokan Semampir Surabaya (Rita Dwi Kurniawati, 2017)

Pada penelitian yang telah dilakukan ini adalah perancangan rak susun loyang roti yan ergonomis utuk toko roti. Rak susun yang dirancang diharapkan mampu mengubah cara kerja pegawai dan penataan roti pada rak susun sebelumnya. Pada penelittan ini menggunakan pengukuran anthropometri agar mampu memperbaiki tatanan rak susun supaya menjadi ergonomis.

3. Menata Ulang Tata Letak Gudang Bahan Baku pada PT. SURINDO TRIJAYA PRIMA SURABAYA (Alexandre Awanjaya, 2006)

Pada penelitian yang telah dilakukan ini adalah Menata Ulang Tata Letak Gudang Bahan Baku. pada permasalahan yang ada pada gudang bahan baku adalah meletakkan bahan baku dilokasi mana saja dengan pengaturan bahan baku ditempatkan dekat pintu masuk dan pintu keluar, jadi tidak ada penempatan khusus untuk suatu barang meskipun barang mempunyai spesifikasi serta menjadikan waktu pengambilan lebih lama karena harus mencari dulu, serta transportasi kurang lancar karena peralatan material handling tidak bisa menjangkau bahan baku. dari permasalahan ini maka

penelitian ini menggunakan metode *Dedicated Storage*. Pada metode ini setiap bahan baku diatur letaknya menurut frekuensi keluar masuknya bahan baku. jadi apabila bahan baku tersebut adalah barang yang yang cepat keluarnya maka diletakkan pada rak yang jaraknya paling dekat dengan pintu.

4. Perancangan Tata Letak Gudang Bahan Baku dengan Metode *Class-Based Storage* dan Penataan yang Ergonomis Studi Kasus Batik Royyan Collection Tuban (Ahmad Afif Fahrudin, 2018)

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan tata letak gudang bahan baku serta perancangan rak susun agar mengurangi kelelahan pekerja. Pada permasalahan yang telah ditemukan yaitu adanya penataan bahan baku yang tidak sesuai dengan jenis serta pengelompokan karakteristik akhirnya bahan baku yang akan diambil bisa pada tumpukan paling bawah yang nanti menimbulkan kelelahan dan gangguan otot pada pekerja.

Perbedaan penelitian ini dari penelitian terdahulu yaitu selain memberikan solusi penataan pada tata letak gudang bahan baku juga memberikan usulan sistem kerja yang baru guna mengurangi dan terhindar dari kelelahan serta gangguan otot pada pekerja dengan merancang rak susun untuk bahan baku bagi para pekerja agar lebih nyaman saat bekerja.

2.20 Penggunaan Metode pada Permasalahan Gudang Yang Ada

1. Metode *Dedicated Storage*

Pemakaian metode ini lebih tepat bila diperuntukan pada gudang yang beroperasi pada perusahaan yang mempunyai bahan baku atau produk yang besar dan setiap periode nya bisa bertambah karena pada metode ini bisa saja melakukan penimbunan, penumpukan, atau aktivitas yang makin lama makin besar.

Pada metode ini setiap produk ditempatkan pada suatu lokasi penyimpanan yang tetap. Jika suatu produk akan disimpan atau diambil, maka dapat dengan mudah tempatnya diketahui. Kekurangan dari metode ini adalah utilisasi ruang yang rendah, dikarenakan tempat yang disediakan untuk setiap produk tidak dapat digunakan untuk penyediaan produk yang lain. Penyediaan tempat untuk setiap produknya dapat diketahui dari persediaan maksimumnya.

2. Metode *Randomized Storage*

Metode ini mengatasi kekurangan dari metode *Dedicated Storage*, yaitu utilisasi ruang yang rendah. Pada metode ini tidak ada penempatan lokasi yang harus untuk suatu produk, sehingga barang yang akan datang ditempatkan ditempat sembarang yang terdekat dengan pintu masuk dan pintu keluar. Kekurangannya adalah jika jumlah produk yang dialokasikan banyak dan bermacam-macam jenisnya maka waktu pencarian dan pengambilan produk menjadi lama.

3. Metode *Class-Based Storage*

Metode ini merupakan gabungan dari metode *Dedicated storage* dan *Randomez Storage*. Pada metode ini produk dibagi menjadi beberapa kelas. Jika pembagiannya sama dengan produk, maka akan menjadi metode *Dedicated Storage*. Tetapi jika hanya dibagi kedalam satu kelas, maka akan menjadi metode *Randomez Storage*. Metode ini biasa dipakai untu gudang yang pada bahan baku tersebut memiliki kesamaan jenis.

4. Metode *Shared Storage*

Metode ini digunakan untuk mengatasi *Dedicated storage* dan *randomized storage* dengan mengenali dan memanfaatkan perbedaan lama waktu penyimpanan pada pallet tertentu yang menetap di gudang. Untuk menerapkan metode ini, sebelumnya harus mengetahui kapan produk akan masuk dan kapan akan keluar, sehingga lokasi produk dapat disesuaikan tempatnya.

Pada masalah yang sedang dihadapi Batik Royyan Collection saat ini di bagian gudang bahan baku dengan masih menggunakan metode *Randomized Storage* dimana gudang akhirnya terlihat berantakan dan kurang tertata. Dari hasil pengamatan dan metode yang telah dijabarkan diatas adanya metode yang selaras dengan permasalahan yaitu dengan menggunakan metode *Class-Based Storage* dimana dengan menggunakan metode ini diharapkan nantinya gudang bahan baku menjadi lebih tertata karena pada metode ini jenis bahan baku akan dijadikan satu sesuai jenis bahan baku yang ada dan karakteristik yang sama dengan didukung adanya rak ergonomis dan pengelompokan pada jenis kain.