

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan mengenai landasan teori awal yang digunakan untuk penelitian yang membantu peneliti untuk memperkuat pemahaman dan menentukan metode penelitian yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Adapun literatur yang digunakan yakni yang berhubungan dengan perancangan dan pengembangan produk dengan data anthropometri.

2.1. Perancangan dan pengembangan produk

Menurut buku prof. Dr. Agustinus Purna Irawan Perancangan atau desain dapat diartikan sebagai (1) membentuk atau menyusun dalam pikiran, (2) mengusahakan suatu rencana, (3) merencanakan dan membentuk suatu system (konstruksi) dan, (4) mengolah sketsa pendahuluan dan rencana untuk suatu system yang harus di buat. Rancangan teknik merupakan proses mengambil keputusan yang dipakai untuk mengembangkan system teknik yang melibatkan sifat manusiawi. Merancang dapat berarti menyusun, mendapatkan hal-hal baru dan menciptakan. Merancang dapat membuat sesuatu yang benar-benar baru atau pengembangan produk yang sudah ada, sehingga mendapatkan peningkatan kinerja. Jika dilihat dari definisi atas maka dapat disimpulkan bahwa untuk melakukan suatu perancangan dan pengembangan produk di butuhkan waktu yang lama, kapabilitas perancang dan biaya yang tidak sedikit. Pengembangan produk merupakan suatu usaha yang sulit dan membutuhkan sumber daya yang cukup.

Tantang yang sering di hadapi dalam pengembangan suatu produk manufaktur antara lain (1) trade off yaitu kesulitan dalam mengetahui, memahami dan mengendalikan pertentangan dan perbedaan, misalnya apakah suatu pesawat terbang harus di buat dengan material yang ringan, tetapi biayanya mahal, (2) Dinamika yang terjadi di pasaran perkembangan teknologi yang pesat, selera konsumen berubah, competitor dengan produk baru dan perubahan kondisi ekonomi makro, (3) perancangan detail meliputi pemilihan kompoen secara detail yang berimplikasi kepada biaya. Sebagai contoh akan menggunakan sambungan baut, paku keeling atau las tentu berdampak pada biaya yang dibutuhkan. (4) tekanan waktu dimana waktu pengembangan sangat terbatas atau di batasi antara lain oleh competitor, kecenderungan (trend) dan kebutuhan konsumen, (5) Faktor ekonomi yang berkaitan dengan biaya pengembangan, produksi dan pemasaran yang mahal; di sisi lain pengembangan produk harus di jual semurah mungkin sesuai dengan daya beli konsumen. (Ulrich, dkk, 1995)

Pengembangan produk merupakan serangkaian aktifitas yang di mulai dari analisis persepsi dan peluang pasar, kemudian di akhiri dengan tahap produksi awal, penjualan dan delivery produk. Ulrich dkk(1955), membagi pengembangan produk menjadi enam fase meliputi perancangan awal, pengembangan konsep produk, perancangan tingkat system, perancangan detail, pembuatan prototype, produksi awal dan peluncuran produk

2.2. Definisi perancangan

Secara sederhana dapat dinyatakan sebagai proses mengambil keputusan yang di pakai untuk mengembangkan system teknik yang melibatkan sifat manusiawi dengan pertimbangan berbagai aspek fungsional, estetika, kenyamanan dan keselamatan.

Perancang atau merancang merupakan suatu usaha untuk menyusun, mendapatkan, dan menciptakan hal-hal baru yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Dalam hal ini, merancang dapat yang benar-benar baru atau pengembangan produk yang sudah ada, sehingga mendapatkan peningkatan kinerja dari produk tersebut. Konsep ini banyak di gunakan oleh produsen untuk menghasilkan berbagai varian produk, yang di mata konsumen diterima sebagai produk baru. Sebagai contoh, sebuah mobil multi purpose vehicle (MPV), pada varian pertama yang dipasarkan oleh produsen dengan type E (standart), Type G (Medium) dan Type V (exclusive), merupakan pengembangan produk yang sama dengan membedakan beberapa feature yang dapat di pilih oleh konsumen. Konsep seperti ini akan menghasilkan jumlah konsumen yang bervariasi dan konsumen juga diuntungkan karena banyak pilihan.

Dalam perancangan dan pengembangan produk secara umum, maka produk dapat dibedakan menjadi duabagian besar, yaitu produk barang dan produk jasa. Secara khusus, dalam pembahasan ini, produk yang akan di uraikan dalam bab-bab mendatang adalah produk barang yang di hasilkan dari proses manufaktur. Produk manufaktur merupakan produk hasil suatu proses (manufaktur) yang di jual oleh produsen ke konsumen yang di butuhkan.

2.3 Tantangan pengembangan produk

Pengembangan produk yang sukses, harus memperhatikan berbagai aspek yang dapat mempengaruhi kinerja perusahaan dalam proses menghasilkan produk dalam suatu proyek pengembangan produk manufaktur. Beberapa hal yang harus menjadi perhatian perusahaan pengembangan produk meliputi aspek:

A. Trade off

Sering kali perusahaan harus menghadapi kenyataan di lapangan yang berbeda dengan kondisi yang di rencanakan. Dalam hal ini bisa saja terjadi adanya kesulitan dalam mengetahui, memahami dan mengendalikan pertentangan dan perbedaan yang ada di antara tim pengembangan produk dalam memutuskan suatu pilihan. Misalkan pesawat terbang harus di buat dengan material yang ringa, tetapi biayanya mahal; mobil di desain dengan power dan torsi yang besar, tetapi boros bahan bakar; sambungan elemen mesin produk menggunakan las dengan hasil kuat tetapi tidak dapat di bongkar pasang atau menggunakan mur dan baut, tetapi tidak sekuat las.

B. Dinamika

Perusahaan pengembangan produk manufaktur harus menghadapi dinamika yang ada. Misalnya teknologi berkembang dengan cepat, selera konsumen berubah, bahan baku harus diimpor, peraturan terkait dengan produk tertentu berubah, kebijakan pemerintah berubah, dan sebagainya. Sebagai contoh perusahaan yang mengembangkan produk handphone atau computer, akan mengalami perubahan teknologi yang sangat cepat, sehingga produk yang di hasilkan juga harus segera di sesuaikan dengan teknologi baru tersebut, Artinya daooat memenuhi kebutuhan konsumen yang menginginkan kebutuhan konsumenyang menginginkan teknologi terbaru.

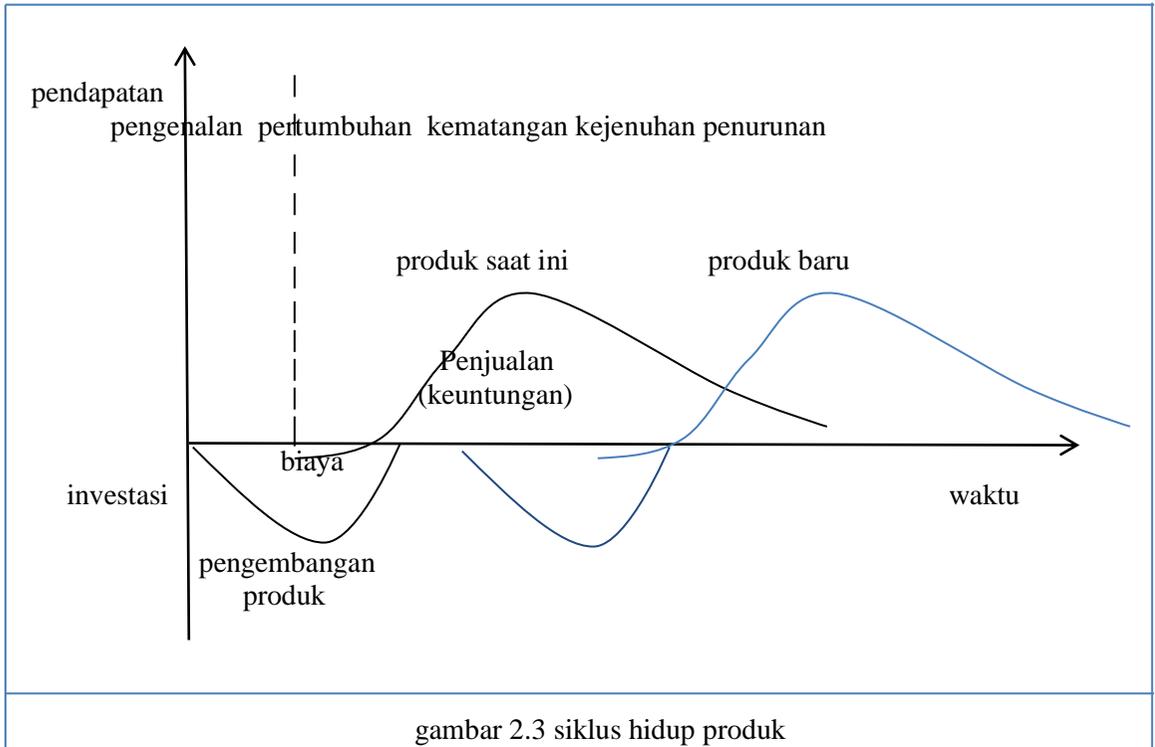
C. Detail

Dalam detail yang lebih detail, perusahaan mengembangkan produk manufaktur juga di hadapkan pada persoalan teknis yang tidak mudah di pecahkan. salah satunya adalah pemelihan komponen secara detail yang berimplikasi kepada biaya. Misalnya hendak memakai baut atau paku keeling, hendak memakai bahan plastik atau komposit, hendak menggunakan pegas daun atau pegas keong, hendak menggunakan AC *double blower* atau *single blower*, dan sebagainya.

D. Tekanan waktu

Perusahaan pengembang juga mengalami tekanan waktu untuk segera menghasilkan dan meluncurkan produk baru karena competitor sudah mengalami produk baru atau konsumen yang sudah memintanya. Waktu pengembangan sangat terbatas atau di batasi oleh competitor, tren, dan kebutuhan konsumen akan suatu produk manufaktur tertentu. sebagai contoh produk yang akan di pasarkan pada saat hari raya, menyambbut musim pendaftaran anak sekolah, musim penghujan, dan sebagainya. Pengembang di paksa harus cepat dan tepat dalam

menghasilkan produk manufaktur sesuai dengan kebutuhan konsumen, atau produk yang dihasilkan terlambat memasuki pasar, sehingga tidak sukses. Kondisi ini akan sangat dipengaruhi pula oleh siklus hidup produk (*produk life cycle*).



gambar 2.3 siklus hidup produk

E. Faktor ekonomi

Persoalan lain adalah bagaimana biaya pembuatan produk jika dibandingkan dengan harga jual yang dapat ditetapkan untuk mendapatkan keuntungan tertentu bagi perusahaan, sehingga dapat bertumbuh dan berkembang serta dapat berkelanjutan. Pengembangan produksi dan pemasaran perlu biaya yang mahal. Di sisi lain, terkadang produk harus dijual semurah mungkin sesuai dengan daya beli konsumennya. Kondisi dilematis ini perlu menjadi pertimbangan bagi perusahaan pengembangan produk, sehingga tetap dapat eksis untuk menghasilkan produk-produk baru yang dibutuhkan oleh konsumen.

2.4. Ergonomi

Pengertian Ergonomi dalam buku Sritomo Wignjosoebroto adalah Ergonomi atau ergonomics (bahasa Inggrisnya) sebenarnya berasal dari kata Yunani yaitu Ergo yang berarti kerja dan Nomos yang berarti hukum. Dengan demikian ergonomi dimaksudkan sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan. Disiplin ergonomi secara khusus akan mempelajari keterbatasan dari kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buaatannya.

Disiplin ini berangkat dari kenyataan bahwa manusia memiliki batas-batas kemampuan baik jangka pendek maupun jangka panjang pada saat berhadapan dengan keadaan lingkungan sistem kerjanya yang berupa perangkat keras/hard-ware (mesin, peralatan kerja dll) dan/atau perangkat lunak/soft-ware (metode kerja, sistem dan prosedur, dll). Dengan demikian terlihat jelas bahwa ergonomi adalah suatu keilmuan yang multi disiplin, karena disini akan mempelajari pengetahuan-pengetahuan dari ilmu kehayatan

(kedokteran, biologi), ilmu kejiwaan (psychology) dan kemasyarakatan (sosiologi).

Dalam perkembangan selanjutnya, ergonomi dikelompokkan atas empat bidang penyelidikan, menurut Iftikar Satalaksana dalam bukunya yaitu :

- Penyelidikan tentang tampilan (display).
Tampilan (display) adalah suatu perangkat antara (interface) yang menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan, dan mengkomunikasikannya pada manusia dalam bentuk tanda-tanda, angka, lambang dan sebagainya.
- b. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia
Dalam hal ini diselidiki tentang aktivitas-aktivitas manusia ketika bekerja, dan kemudian dipelajari cara mengukur aktivitas-aktivitas tersebut.
- c. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja.
Penyelidikan ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran (dimensi) tubuh manusia, agar diperoleh tempat kerja yang baik, yang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia.
- d. Penyelidikan tentang lingkungan kerja.
Penyelidikan ini meliputi kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas kerja seperti pengaturan cahaya, kebisingan suara, temperatur, getaran dll. Yang dianggap dapat mempengaruhi tingkah laku manusia.

Berkenaan dengan bidang-bidang penyelidikan yang tersebut diatas, maka terlihat sejumlah disiplin dalam ergonomi, yaitu :

- a. Anatomi dan fisiologi, yang mempelajari struktur dan fungsi tubuh manusia.
- b. Antropometri, yaitu ilmu mengenai ukuran/dimensi tubuh manusia.

- c. Fisiologi psikologi, yang mempelajari sistem saraf dan otak manusia.
- d. Psikologi eksperimen, yang mempelajari tingkah laku manusia.

2.5. Perhitungan roda gigi roda gigi lurus

Tabel 2.5.1 rumus roda gigi

No	Simbol	Ketentuan	Rumus Perhitungan
1	M	Modul (modul pisau)	$M = D / Z$
2	Z	Jumlah Gigi	$Z = D / M$
3	D	Diameter Pitch	$D = Z \cdot M$
4	Da	Diameter Luar	$Da = D + 2.M$ $Da = (Z + 2)M$
5	Df	Diameter Kaki	$Df = D + 2,32.M$ $Df = (Z + 2,32)M$
6	A	Adendum	$Ha = 1.M$
7	Hf	Defendum	$Hf = 1,16.M$
8	H	Kedalaman alur gigi/Tinggi gigi	$H = 2,16.M$
9	T	Lebar Gigi	$T = \pi.M$
10	B	Jarak Pitch	$B = 10.M$
11	Zv	Nomor Cutter Modul yang dipilih	LIHAT TABEL
12	Nc	Jarak Poros Roda Gigi Berpasangan	$Nc = I / Z$ $I = 40 : 1$
13	Ha	Putaran Tuas Kepala Pembagi	$A = D1 + D2 / Z = (Z1 + Z2)M / Z$

2.5.1. Standard Internasional Roda gigi sistem Modul dan Sistem Diametral

Pitch

Standar Roda gigi diklasifikasikan atas 2 macam :

- a. Standar Modul (M)
- b. Standar Diametral Pitch (DP)

2.5.2. Standar Modul (M)

Modul ialah jarak antara garis lingkaran diameter pitch dengan garis lingkaran diameter luar dalam satuan mm.

Juga Modul ialah perbandingan Diameter Pitch dibagi jumlahnya.

Semua ukuran roda gigi sistem Modul diukur dalam satuan Metrik(mm).

2.5.3. Standar Diametral Pitch (DP)

DP ialah jumlah gigi dalam jarak ukuran diameter pitchnya dari sebuah roda gigi.

Semua ukuran roda gigi sistem DP diukur dalam satuan imperial(inchi).

2.5.4. Hubungan antara Modul (M) dan Diametral Pitch (DP)

$$M = 1 / Z \qquad D = 1 / M$$

Tentunya Modul kebalikan dari DP

a. Cutter Roda Gigi :

Gear Milling Cutter digunakan untuk Roda Gigi di Mesin Frais.

Ukuran-ukuran Modul(M) = 0,25mm-0,5mm-0,75mm-1mm-1,25mm-1,5mm-1,75mm-2mm-2,25mm-2,5mm-2,75mm-

3mm.....4mm.....6mm.....10mm.....dan seterusnya

Ukuran –ukuran DP = DP32.....DP10,DP8,DP6,DP4.....dst

Pemilihan Nomor Cutter Modul yang sesuai :

Cutter Modul : 1 set Cutter Modul ada 8 keping terdiri dari nomor 1 sampai nomor 8 sbb (lihat tabel) :

Tabel 2.5.4 cutter modul

CUTTER MODUL	
Cutter Nomor	Untuk Pemoangan jumlah gigi
1	12 gigi sampai 13 gigi
2	14 gigi sampai 16 gigi
3	17 gigi sampai 20 gigi
4	21 gigi sampai 25 gigi
5	26 gigi sampai 34 gigi

6	35 gigi sampai 54 gigi
7	55 gigi sampai 134 gigi
8	135 gigi sampai dengan tak terhingga RACK

b.Pemilihan Nomor Cutter Diametral Pitch (DP) yang sesuai :

Tabel 2.5.4 Pemilihan Nomor cutter untuk pemotongan Roda gigi :

CUTTER DIAMETRAL PITCH	
8	12 gigi sampai 13 gigi
7	14 gigi sampai 16 gigi
6	17 gigi sampai 20 gigi
5	21 gigi sampai 25 gigi
4	26 gigi sampai 34 gigi
3	35 gigi sampai 54 gigi
2	55 gigi sampai 134 gigi
1	135 gigi sampai dengan tak terhingga RACK

2.6. Antropometri

Menurut Sritomo Wignjosoebroto dalam bukunya istilah antropometri berasal dari " anthro " yang berarti manusia dan " metri " yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar dsb.) berat dll. Yang berbeda satu dengan yang lainnya. Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (desain) produk maupun system kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal :

- Perancangan areal kerja (work station, interior mobil, dll)
- Perancangan peralatan kerja seperti mesin, equipment, perkakas (tools) dan sebagainya.

- Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer dll.
- Perancangan lingkungan kerja fisik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan / menggunakan produk tersebut. Dalam kaitan ini maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangannya tersebut. Secara umum sekurang-kurangnya 90 % - 95 % dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk haruslah mampu menggunakannya dengan selayaknya.

2.6.1. Aplikasi antropometri dalam perancangan produk/fasilitas kerja.

Data antropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam percentile tertentu akan sangat besar manfaatnya pada saat suatu rancangan produk ataupun fasilitas kerja akan dibuat. Agar rancangan suatu produk nantinya bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoperasikannya, maka prinsip-prinsip apa yang harus diambil didalam aplikasi data antropometri tersebut harus ditetapkan terlebih dahulu seperti diuraikan berikut ini :

A. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim.

Disini rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 (dua) sasaran produk, yaitu :

- Bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.
- Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).

B. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu.

Disini rancangan bisa dirubah-rubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Contoh yang paling umum dijumpai adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini letaknya bisa digeser maju/mundur dan sudut sandarannya bisa dirubah-rubah sesuai dengan yang diinginkan. Dalam kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel, semacam ini maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah rentang nilai 5-th s/d 95-th percentile.

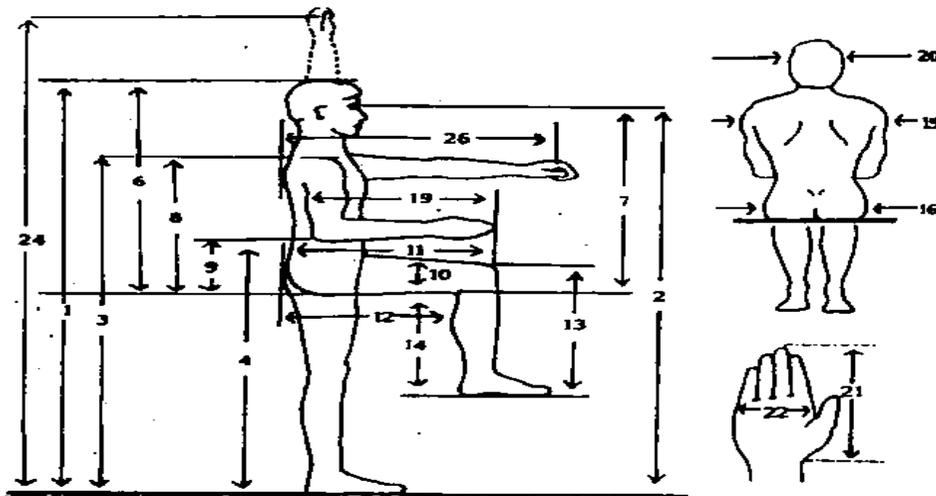
C. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

Berkaitan dengan aplikasi data antropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa saran/rekomendasi yang bisa diberikan sesuai dengan langkah-langkah seperti berikut :

- Pertama kali terlebih dahulu harus ditetapkan anggota tubuh yang mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
- Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data struktural body dimension ataukah functional body dimension.
- Selanjutnya tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut. Hal ini lazim dikenal sebagai "market segmentation", seperti produk mainan untuk anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita, dll.
- Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel (adjustable) ataukah ukuran rata-rata.
- Pilih prosentase populasi yang harus diikuti, 90-th, 95-th, 99-th ataukah nilai percentile yang lain yang dikehendaki.
- Untuk setiap dimensi tubuh yang telah diidentifikasi selanjutnya pilih/tetapkan nilai ukurannya dari tabel data antropometri yang sesuai. Aplikasi data tersebut dan tambahkan faktor kelonggaran (allowance) bila diperlukan seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang harus dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan (gloves), dan lain-lain.

Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data antropometri untuk bisa diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja menurut Eko Nurmianto dalam bukunya, maka pada gambar tersebut dibawah ini akan

memberikan informasi tentang berbagai macam anggota tubuh yang perlu diukur



Gambar 2.6.1. Antropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

Keterangan :

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai s/d ujung kepala)
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus)
5. Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan).
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk/pantat sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata dalam posisi duduk.
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk
9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus)
10. Tebal atau lebar paha.
11. Panjang paha yang diukur dari pantat s/d ujung lutut.
12. Panjang paha yang diukur dari pantat s/d bagian belakang dari lutut/betis.
13. Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha.
15. Lebar dari bahu (bisa diukur dalam posisi berdiri ataupun duduk)
16. Lebar pinggul/pantat
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dlm

gambar).

18. Lebar perut

19. Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.

20. Lebar kepala.

21. Panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.

22. Lebar telapak tangan.

23. Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar-lebar kesamping kiri-kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar).

24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus keatas (vertikal).

25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak, diukur seperti halnya no 24 tetapi dalam posisi duduk (tidak ditunjukkan dalam gambar).

26. Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan.

2.6.2. Antropometri dan dimensi ruang kerja.

Antropometri pada dasarnya akan menyangkut ukuran fisik atau fungsi dari tubuh manusia termasuk disini ukuran linier, berat volume, ruang gerak, dan lain-lain. Data antropometri ini akan sangat bermanfaat didalam perencanaan peralatan kerja atau fasilitas-fasilitas kerja (termasuk disini perencanaan ruang kerja). Persyaratan ergonomis mensyaratkan agar supaya peralatan dan fasilitas kerja sesuai dengan orang yang menggunakannya khususnya yang menyangkut dimensi ukuran tubuh. Dalam menentukan ukuran maksimum atau minimum biasanya digunakan data antropometri antara 5-th dan 95-th percentile. Untuk perencanaan stasiun kerja data antropometri akan bermanfaat baik didalam memilih fasilitas-fasilitas kerja yang sesuai dimensinya dengan ukuran tubuh operator, maupun didalam merencanakan dimensi ruang kerja itu sendiri.

Dimensi ruang kerja akan dipengaruhi oleh hal pokok yaitu situasi fisik dan situasi kerja yang ada. Didalam menentukan dimensi ruang kerja perlu diperhatikan antara lain jarak jangkauan yang bisa dilakukan oleh operator, batasan-batasan ruang yang enak dan cukup memberikan keleluasaan gerak operator dan kebutuhan area minimum yang harus dipenuhi untuk kegiatan-kegiatan tertentu.

2.6.3 Pendekatan ergonomis dalam perancangan stasiun kerja.

Secara ideal perancangan stasiun kerja haruslah disesuaikan peranan dan fungsi pokok dari komponen-komponen sistem kerja yang terlibat yaitu manusia, mesin/peralatan dan lingkungan fisik kerja. Peranan manusia dalam hal ini akan didasarkan pada kemampuan dan keterbatasannya terutama yang berkaitan dengan aspek pengamatan, kognitif, fisik ataupun psikologisnya. Demikian juga peranan atau fungsi mesin/peralatan seharusnya ikut menunjang manusia (operator) dalam melaksanakan tugas yang ditentukan. Mesin/peralatan kerja juga berfungsi menambah kemampuan manusia, tidak menimbulkan stress tambahan akibat beban kerja dan membantu melaksanakan kerja-kerja tertentu yang dibutuhkan tetapi berada diatas kapasitas atau kemampuan yang dimiliki manusia. Selanjutnya mengenai peranan dan fungsi dari lingkungan fisik kerja akan berkaitan dengan usaha untuk menciptakan kondisi-kondisi kerja yang akan menjamin manusia dan mesin agar dapat berfungsi pada kapasitas maksimalnya. Dalam kaitannya dengan lingkungan fisik kerja seringkali dijumpai bahwa perencana sistem kerja justru lebih memperhatikan mesin/peralatan yang harus lebih dilindungi dari pada melihat kepentingan manusia-pekerjanya.

Berkaitan dengan perancangan areal/stasiun kerja dalam industri, maka ada beberapa aspek ergonomis yang harus dipertimbangkan sebagai berikut :

a. Sikap dan posisi kerja.

Tidak peduli apakah pekerja harus berdiri, duduk atau dalam sikap/posisi kerja yang lain, pertimbangan-pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan sikap/posisi kerja akan sangat penting. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan sikap dan posisi tertentu yang kadang-kadang cenderung untuk tidak mengenakan.

Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada sikap dan posisi kerja yang "aneh" dan kadang-kadang juga harus berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan pekerja cepat lelah, membuat banyak kesalahan atau menderita cacat tubuh. Untuk menghindari sikap dan posisi kerja yang kurang favourable ini pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain menyarankan hal-hal seperti :

- A. Mengurangi keharusan operator untuk bekerja dengan sikap dan posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau jangka waktu lama. Untuk mengatasi problema ini maka stasiun kerja harus dirancang-terutama dengan memperhatikan fasilitas kerjanya seperti meja kerja, kursi

dll yang sesuai dengan data antropometri-agar operator dapat menjaga sikap dan posisi kerjanya tetap tegak dan normal. Ketentuan ini terutama sekali ditekankan bilamana pekerjaan-pekerjaan harus dilaksanakan dengan posisi berdiri.

- B. Operator tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum yang bisa dilakukan. Pengaturan posisi kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (konsep/prinsip ekonomi gerakan). Disamping pengaturan ini bisa memberikan sikap dan posisi yang nyaman juga akan mempengaruhi aspek-aspek ekonomi gerakan. Untuk hal-hal tertentu operator harus mampu dan cukup leluasa mengatur tubuhnya agar memperoleh sikap dan posisi kerja yang lebih mengenyakannya.
- C. Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada dalam sikap atau posisi miring. Demikian pula sedapat mungkin menghindari cara kerja yang memaksa operator harus bekerja dengan posisi telentang atau tengkurap.
- D. Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi diatas level siku yang normal.

b. Antropometri dan dimensi ruang kerja.

Antropometri pada dasarnya akan menyangkut ukuran fisik atau fungsi dari tubuh manusia termasuk disini ukuran linier, berat volume, ruang gerak, dan lain-lain. Data antropometri ini akan sangat bermanfaat didalam perencanaan peralatan kerja atau fasilitas-fasilitas kerja (termasuk disini perencanaan ruang kerja). Persyaratan ergonomis mensyaratkan agar supaya peralatan dan fasilitas kerja sesuai dengan orang yang menggunakannya khususnya yang menyangkut dimensi ukuran tubuh. Dalam menentukan ukuran maksimum atau minimum biasanya digunakan data antropometri antara 5-th dan 95-th percentile. Untuk perencanaan stasiun kerja data antropometri akan bermanfaat baik didalam memilih fasilitas-fasilitas kerja yang sesuai dimensinya dengan ukuran tubuh operator, maupun didalam merencanakan dimensi ruang kerja itu sendiri.

Dimensi ruang kerja akan dipengaruhi oleh hal pokok yaitu situasi fisik dan situasi kerja yang ada. Didalam menentukan dimensi ruang kerja perlu diperhatikan antara lain jarak jangkauan yang bisa dilakukan oleh operator, batasan-batasan ruang yang enak dan cukup memberikan keleluasaan gerak operator dan kebutuhan area minimum yang harus dipenuhi untuk kegiatan-kegiatan tertentu.

c. Efisiensi ekonomi gerakan dan pengaturan fasilitas kerja.

Perancangan sistem kerja haruslah memperhatikan prosedur-prosedur untuk meng-ekonomisasikan gerakan-gerakan kerja sehingga dapat memperbaiki efisiensi dan mengurangi kelelahan kerja. Pertimbangan mengenai prinsip-prinsip ekonomi gerakan diberikan selama tahap perancangan sistem kerja dari suatu industri, karena hal ini akan mempermudah modifikasi- bilamana diperlukan- terhadap hardware, prosedur kerja, dan lain-lain. Seperti yang umum dijumpai sekali mesin diinstalasikan atau fasilitas fisik pabrik dibangun maka yang terjadi adalah manusia harus segera mampu beradaptasi dengan kondisi-kondisi yang telah terpasang tersebut.

akan tetap tak berubah untuk periode yang lama, sehingga kalau demikian dirasakan kondisi itu tidak efisien ataupun tidak ergonomis; modifikasi akan terasa sulit dan tidak bisa dilaksanakan setiap saat. Berikut akan diuraikan beberapa ketentuan-ketentuan pokok yang berkaitan dengan prinsip-prinsip ekonomi gerakan yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan stasiun kerja :

- A. Organisasi fasilitas kerja sehingga operator secara mudah akan mengetahui lokasi penempatan material (bahan baku, produk akhir atau limbah buangan/skrap), spare-parts, peralatan kerja, mekanisme kontrol atau display dan lain-lain yang dibutuhkan tanpa harus mencari-cari.
- B. Buat rancangan fasilitas kerja (mesin, meja, kursi dan lain-lain) dengan dimensi yang sesuai data antropometri dalam range 5 sampai 95-th percentile agar operator bisa bekerja leluasa dan tidak cepat lelah. Biasanya untuk merancang lokasi jarak jangkauan akan dipergunakan operator dengan jarak jangkau terpendek (5-th percentile), sedangkan untuk lokasi kerja yang membutuhkan clearance akan mempergunakan data yang terbesar (95-th percentile).
- C. Atur suplai/pengiriman material ataupun peralatan/perkakas secara teratur ke stasiun-stasiun kerja yang membutuhkan. Disini operator tidak seharusnya membuang waktu dan energi untuk mengambil material atau peralatan/perkakas kerja yang dibutuhkan.
- D. Untuk menghindari pelatihan ulang yang tidak perlu dan kesalahan-kesalahan manusia karena pola kebiasaan yang sudah dianut, maka bakukan rancangan lokasi dari peralatan kerja (mekanisme kendali atau display) untuk model atau type yang sama.
- E. Buat rancangan kegiatan kerja sedemikian rupa sehingga akan terjadi keseimbangan kerja antara tangan kanan dan tangan kiri (terutama untuk kegiatan perakitan). Diharapkan pula operator dapat memulai dan mengakhiri gerakan kedua tangannya tersebut secara serentak dan menghindari jangan sampai kedua tangan menganggur (idle) pada saat yang bersamaan. Buat pula peralatan-peralatan pembantu untuk mempercepat proses handling. Disamping itu bila mana memungkinkan suatu kegiatan juga dikerjakan/dikendalikan dengan menggunakan kaki-untuk mengurangi kerja tangan hal-hal tertentu- maka bisa pula dirancang mekanisme khusus untuk maksud ini. Apabila akhirnya kaki juga ikut serta "meramaikan" pelaksanaan kerja, maka distribusikan beban kerja tersebut secara seimbang antara tangan dan kaki. Biasanya untuk mengendalikan kegiatan yang memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi, tanggungjawab untuk pelaksanaan untuk hal tersebut

biasa kandibebankan pada tangan kanan (perkecualian untuk orang kidal hal ini haruslah dirancang secara khusus).

- F. Atur tata letak fasilitas pabrik sesuai dengan aliran proses produksinya. Caranya adalah dengan mengatur letak mesin atau fasilitas kerja berdasarkan konsep "machine-after-machine" yang disesuaikan dengan aliran proses yang ada. Prinsip tersebut adalah untuk meminimalkan jarak perpindahan material selama proses produksi berlangsung terutama sekali untuk fasilitas-fasilitas yang frekuensi perpindahan atau volume material handlingnya cukup besar. Stasiun-stasiun kerja ataupun departemen-departemen yang karena fungsinya akan sering kali berhubungan dan berinteraksi satu dengan yang lain juga harus diletakkan berdekatan guna mengurangi waktu gerak perpindahan.
- G. Kombinasi dua atau lebih peralatan kerja sehingga akan memperketat proses kerja. Demikian pula sedapat mungkin peralatan kerja yang akan digunakan sudah berada dalam arah dan posisi yang sesuai pada saat operasi kerja akan diselenggarakan.

2.7 Konsumsi Energi Untuk Aktivitas Kerja

pekerjaan pada akhir dekade ini telah semakin bertambah maju, dan jenis pekerjaan yang menggunakan kekuatan otot telah berangsur diganti dengan kekuatan mesin yang dapat mengatasi pekerjaan berat.

Perlunya menganalisa konsumsi energi yang dipakai pada beberapa pekerjaan tertentu adalah masih

menduduki prioritas utama dan bertujuan antara lain :

- a. Pemilihan frekuensi dan periode istirahat pada manajemen waktu kerja.
- b. Perbandingan metode alternatif pemilihan peralatan untuk mengerjakan suatu jenis pekerjaan. *Kalori untuk bekerja (Work Calories)*

Konsumsi energi diawali pada saat pekerjaan fisik dimulai. Semakin banyaknya kebutuhan untuk aktivitas otot bagi suatu jenis pekerjaan, maka semakin banyak pula energi yang dikonsumsi dan diekspresikan sebagai kalori kerja. Kalori ini didapat dengan cara mengukur konsumsi energi pada saat bekerja kemudian dikurangi dengan konsumsi energi pada saat istirahat atau pada saat metabolisme basal. kerja ini menunjukkan tingkat ketegangan otot tubuh manusia dalam hubungannya dengan :

- A. Jenis kerja berat
- B. Tingkat usaha kerjanya
- C. Kebutuhan waktu untuk istirahat
- D. Efisiensi dari berbagai jenis perkakas kerja, dan
- E. Produktivitas dari berbagai variasi cara kerja.

2.8. OPC, APC, STRUKTUR PRODUK, DAN BOM

Peta proses operasi adalah peta kerja yang yang mencobamenggambarkan urutan kerja dengan jalan membagi pekerjaan tersebut menjadi elemen-elemen operasi secara detail. Tahapan proses operasi kerja harus diuraikan secara logis dan sistematis. Keseluruhan operasi kerja dapat digambarkan dari awal (*rawmaterial*) sampai menjadi produk akhir (*finished goods product*), sehingga analisis perbaikan dari masing-masing operasi kerjasecara individual maupun urutan-urutannya secara keseluruhan dapat dilakukan. Peta operasi ini umumnya digunakan untuk menganalisis operasi-operasi kerja yang memakan waktu beberapa menit per siklus kerjanya (Sritomo, 1992).

Peta proses operasi memiliki beberapa kegunaan dan informasi-informasi yang bisa dicatat melalui peta proses operasi. Kegunaan peta proses operasi adalah sebagai berikut (Sutalaksana, 1979):

- A. Bisa mengetahui kebutuhan akan mesin dan penganggarnya.
- B. Bisa memperkirakan kebutuhan akan bahan baku (dengan menghitung efisiensi di tiap operasi/pemeriksaan).
- C. Sebagai alat untuk menentukan tata letak pabrik.
- D. Sebagai alat untuk menentukan perbaikan cara kerja yang
- E. sedang dipakai.
- F. Sebagai alat untuk latihan kerja.
- G. Dan lain-lain.

Peta-peta kerja yang biasa digunakan pada perusahaandikembangkan oleh Gilberth yang dibuat untuk membuat suatu peta kerja. Adapun lambang-lambang yang umum digunakan adalah sebagai berikut (Sutalaksana, 1979).

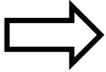


Suatu kegiatan operasi terjadi apabila benda kerjamengalami perubahan sifat baik fisik maupun kimiawi. Kegiatan operasi ini juga menggambarkan kegiatan mengambil informasi maupun memberikan informasi pada suatu keadaan.



PEMERIKSAAN

Suatu kegiatan pemeriksaan terjadi apabila benda kerja atau peralatan mengalami pemeriksaan baik untuk segi kualitas maupun kuantitas. Lambang ini digunakan jika melakukan pemeriksaan terhadap suatu objek atau membandingkan obyek tertentu dengan suatu standar.



TRANSPORTASI

Suatu kegiatan transportasi terjadi apabila benda kerja, pekerja, dan perlengkapan mengalami perpindahan tempat yang bukan merupakan bagian dari suatu operasi. Suatu pergerakan yang merupakan bagian dari operasi atau disebabkan oleh pekerja pada tempat bekerja sewaktu operasi atau pemeriksaan berlangsung bukanlah merupakan transportasi.



MENUNGGU

Proses menunggu terjadi apabila benda kerja, pekerja, dan perlengkapan tidak mengalami kegiatan apa-apa selain menunggu (biasanya sebentar). Kejadian ini menunjukkan bahwa suatu objek ditinggalkan untuk sementara tanpa pencatatan sampai diperlukan kembali.



PENYIMPANAN

Proses penyimpanan terjadi apabila benda kerja disimpan pada jangka waktu yang cukup lama. Jika benda kerja tersebut diambil kembali, biasanya memerlukan prosedur perizinan tertentu. Lambang ini digunakan untuk menyatakan suatu obyek yang mengalami penyimpanan permanen.



AKTIVITAS GANDA

Lambang yang satu ini menunjukkan sebuah aktivitas gabungan. Kegiatan yang terjadi apabila antara aktivitas operasi dan pemeriksaan dilakukan kebersamaan atau dilakukan pada suatu tempat kerja.

Assembling Proses Chart (APC) merupakan peta yang menggambarkan langkah-langkah proses perakitan yang akan dialami komponen berikut pemeriksaannya dari

awal sampai produk jadi selesai. APC atau disebut juga sebagai peta proses perakitan memiliki beberapa manfaat diantaranya adalah menentukan kebutuhan operator, mengetahui kebutuhan tiap komponen, alat untuk menentukan tata letak fasilitas, alat untuk menentukan perbaikan cara kerja, dan alat untuk latihan kerja (Scribd, 2012).

Menurut Gaspersz (2004), struktur produk atau BOM didefinisikan sebagai cara komponen-komponen itu bergabung ke dalam suatu produk selama proses manufaktur. Struktur produk adalah suatu susunan hirarki dari komponen-komponen pembentuk suatu produk akhir. Biasanya produk akhir ditempatkan di *level 0*, komponen pembentuk berikutnya adalah II-4 ditempatkan di *level 1*, dan seterusnya. Pada umumnya produk akhir disebut juga induk atau *parent* dan komponen pembentuknya disebut juga anak atau *child*. Terdapat dua teknik yang digunakan pada struktur produk, yaitu seperti yang dijelaskan di bawah ini (thesis.binus.ac.id, 2012):

1. *Explosion*, yaitu suatu teknik penguraian komponen struktur produk yang urutan dimulai dari induk sampai komponen pada *level* paling bawah.
2. *Implosion*, yaitu suatu teknik penguraian komponen struktur produk yang urutan dimulai dari komponen sampai induk atau *level* atas.

Struktur produk akan menunjukkan bahan baku yang dikonversi ke dalam komponen-komponen fabrikasi kemudian komponen-komponen itu bergabung secara bersama untuk membuat *sub assemblies*, kemudian *sub assemblies* bergabung bersama membuat *assemblies* dan seterusnya sampai produk akhir. Manfaat struktur produk adalah sebagai berikut (thesis: binus, 2012).

1. Mengetahui berapa jumlah *item* penyusunan suatu produk akhir.
2. Memberikan rincian mengenai komponen apa saja yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk.

Bill of Material (BOM) merupakan rangkaian struktur semua komponen yang digunakan untuk memproduksi barang jadi sesuai dengan *master production scheduling*. *Bill Of Material* (BOM) adalah daftar (*list*) dari material atau komponen yang dibutuhkan untuk dirakit, dicampur, dan dibuat produk akhir. Ada beberapa format dari *Bill of Material* (BOM), yaitu (thesis: binus, 2012):

1. *Single-Level BOM*, merupakan BOM yang menggambarkan hubungan sebuah induk dengan satu *level* komponen-komponen pembentuknya.
2. *Multi-Level BOM*, merupakan BOM yang menggambarkan struktur produk lengkap dari *level 0* sampai *level* paling bawah.
3. *Indented BOM*, adalah BOM yang dilengkapi dengan informasi *level* setiap komponen.

4. *Summarized BOM*, merupakan BOM yang dilengkapi dengan jumlah total tiap komponen yang dibutuhkan

2.8.1 Pembahasan

Pembahasan ini berisi suatu pengolahan data tentang OPC, APC, struktur produk, dan BOM. Akan tetapi sebelum melakukan proses pengolahan data tersebut harus terlebih dahulu melakukan pembuatan produk bending spring (per). Pembuatan bending spring (per) ini bertujuan untuk mendapatkan atau mengumpulkan data yang diperlukan pada modul OPC, APC, struktur produk, dan BOM. Pembuatan lemari tas memerlukan beberapa kebutuhan seperti bahan-bahan dan peralatan.

2.9. peta tangan kiri dan kanan (left and Right Hand Chart atau operator (operator proses chart)

Peta tangan kiri dan kanan – dalam hal ini lebih dikenal sebagai peta operator (operator process chart) – adalah peta kerja setempat yang bermanfaat untuk menganalisa gerakan tangan manusia di dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan yang bersifat manual. Peta ini akan menggambarkan semua gerakan ataupun delay yang terjadi yang dilakukan oleh tangan kanan maupun tangan kiri secara mendetail sesuai halnya dalam proses perakitan. Dari analisa yang dibuat maka pola gerakan tangan yang dianggap tidak efisien dan bertentangan dengan prinsip-prinsip ekonomi gerakan (motion economy) bisa diusulkan untuk diperbaiki. Demikian pula akan diharapkan terjadi keseimbangan gerakan yang dilakukan oleh tangan kanan dan tangan kiri, sehingga siklus kerja akan berlangsung dengan lancar dalam ritme gerakan yang dengan elemen-elemen therblig yang membentuk gerakan tersebut. Dengan menganalisa detail gerakan yang terjadi maka langkah-langkah perbaikan bisa diusulkan. Pembuatan peta operator ini baru terasa bermanfaat apabila gerakan yang dianalisa tersebut terjadi berulang-ulang (repetitive) dan dilakukan secara manual (seperti lebih baik yang akhirnya mampu memberikan delays maupun operator fatigue yang minimum).

Meskipun Frans dan Lillian Gilberth telah menyatakan bahwa gerakan-gerakan kerja manusia dilaksanakan dengan mengikuti 17 elemen dasar therblig dan kombinasi dari elemen-elemen therblig tersebut, akan tetapi dalam membuat peta operator akan lebih efektif kalau hanya 8 elemen gerakan therblig berikut ini yang digunakan, yaitu:

- A. *Reach* (RE) E.*Use* (U)
 B. *Grasp* (G) F.*Release* (RL)
 C. *Move* (M) G.*Delay* (D)
 D. *Position* (P) H.*Hold* (H)

2.10 Metode Statistik

Proses mengolah data dalam tugas akhir ini digunakan beberapa rumus statistik. Untuk data pengukuran digunakan perhitungan mean (nilai rata-rata), nilai standar deviasi, uji normalitas data, uji keseragaman data, uji kecukupan data dan perhitungan persentil. Sedangkan data berupa hasil kuisioner diuji dengan uji validitas dan uji reliabilitas. Sedangkan untuk pengambilan sampel minimum dalam suatu populasi dipakai persamaan Bernoulli.

2.10.1 Mean (Nilai Rata-Rata)

Mean () adalah nilai rata-rata yang dihitung dari sekelompok data tertentu. Rumus mean (nilai rata-rata) dinyatakan sebagai berikut:

Dimana: $\sum X_i$ = Jumlah semua nilai X ke i
 n = jumlah sampel yang diteliti

2.10.2. Standar Deviasi

Standar Deviasi (SD) adalah simpangan yang dibakukan dari data yang dihitung. Rumus standar deviasi dinyatakan sebagai berikut:

Dimana: $\sum X_i^2$ = Jumlah semua nilai X ke i dikuadratkan
 $\sum X_i$ = Jumlah semua nilai X ke i
 n = Jumlah sampel yang diteliti

2.10.3. Uji Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data dilakukan untuk mengetahui homogenitas data atau untuk mengetahui tingkat keyakinan tertentu data yang diperoleh seluruhnya berada dalam batas kontrol. Data yang terlalu ekstrim sewajarnya dibuang dan tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya.

Ada dua batas kontrol, yakni :

a. Batas Kontrol Atas (BKA) atau *Upper*

Control Limit (UCL)

b. Batas Kontrol Bawah (BKB) atau *Lower Control Limit (LCL)*.

Dalam hal ini, harga K (tingkat kepercayaan) berkisar antara untuk tingkat kepercayaan 99 %, harga K = 3

Batas Kontrol Atas (BKA) = $X + 3(SD)$

Batas Kontrol Bawah (BKB) = $X - 3(SD)$

2.10.4. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data bertujuan untuk mengetahui apakah data hasil pengukuran dengan tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian tertentu jumlahnya telah memenuhi atau tidak. Untuk menetapkan berapa jumlah observasi yang seharusnya dibuat (N1) , maka terlebih dahulu harus ditetapkan tingkat kepercayaan (*confidence level*) dan derajat ketelitian (*degree of accuracy*) untuk pengukuran rancangan.

2.10.5. Perhitungan Persentil

Persentil adalah suatu nilai yang menyatakan prosentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama atau lebih rendah dari nilai tersebut. Persentil ke-95 akan menunjukkan populasi 95% populasi berada pada atau dibawah ukuran tersebut, sedangkan persentil ke-5 akan menunjukkan 5% populasi berada pada atau diatas ukuran itu. Umumnya ada beberapa nilai persentil yang sering dipergunakan, yaitu seperti terlihat pada 1 di bawah ini.

NO PERSENTIL KALKULASI

1. 1 st $X - 2,325 \square x$
2. 2,5 th $X - 1,960 \square x$
3. 5 th $X - 1,645 \square x$
4. 10 th $X - 1,280 \square x$
5. 50 th X
6. 90 th $X + 1,280 \square x$
7. 95 th $X + 1,645 \square x$
8. 97,5 th $X + 1,960 \square x$
9. 99 th $X + 2,325 \square x$