

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu “*Ergon*” dan “*Nomos*” (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, *management*, dan desain atau perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan manusia di tempat kerja, dirumah, dan tempat rekreasi. Di dalam ergonomi dibutuhkan studi tentang ergonomi dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Ergonomi disebut juga sebagai “*Human Factor*”. Ergonomi juga digunakan oleh berbagai macam ahli atau professional pada bidangnya masing-masing, misalnya seperti : ahli anatomi, arsitektur, perancangan produk ergonomi, fisika, fisioterapi, terapi pekerjaan, psikologi, dan teknik ergonomi (Manopo, 2010).

Ergonomi adalah ilmu yang mengaji *interface* antara manusia dengan komponen sistem dengan segala keterbatasan dan kemampuan manusia yang menekankan hubungan optimal antara dengan lingkungan kerja sehingga tercipta sebuah sistem kerja yang baik dalam meningkatkan performansi, keamanan dan kepuasan pengguna. Manfaat ergonomi adalah dapat membantu karyawan, manajemen, perusahaan serta pemerintah untuk meningkatkan efisiensi waktu kerja, meningkatkan efisiensi pemakaian otot dan energi, meningkatkan kenyamanan, menurunkan resiko kecelakaan kerja, menurunkan resiko penyakit akibat kerja, menurunkan resiko kelelahan, menghindari resiko kebosanan, menekan angka absensi karyawan, menekan biaya tidak terduga, menekan angka *man-days/hours* dan sebagainya yang sangat menguntungkan semua pihak. Dalam pendekatan ergonomi untuk mampu meningkatkan kualitas hidup manusia dalam suatu sistem aktivitas, faktor manusia di dalam seluruh sistem aktivitas tersebut dari hulu sampai hilir harus diberdayakan, sehingga mampu memberikan kinerja yang maksimal dan optimal (Gasali, 2014).

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) ataupun rancang ulang (redesain). Hal ini dapat meliputi perangkat keras seperti misalnya perkakas kerja (*benches*), *platform*, kursi, pegangan alat kerja, system pengendali, alat peraga, jalan / lorong, pintu, jendela, dll. Masih dalam hal tersebut adalah bahasan mengenai rancang bangun lingkungan kerja, karena jika system perangkat keras berupa maka akan berubah pula lingkungan kerjanya (Haslindah, 2007).

Ergonomi berusaha untuk menjamin bahwa pekerjaan dan setiap tugas dari pekerjaan tersebut didesain agar sesuai dengan kemampuan dan kapasitas pekerja, untuk mewujudkan efisiensi dan kesejahteraan kerja. Peran ergonomi dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja antara lain: desain suatu sistem kerja untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia, desain stasiun kerja (Mutiah, 2013).

Dalam penerapannya ergonomi memiliki berbagai manfaat, diantaranya (Pulat & Alexander, 1991) dikutip oleh Astuti, 2009 :

- Mengurangi injuri, penyakit, dan biaya kompensasi pekerja
- Meningkatkan efisiensi kerja
- Meningkatkan kondisi fisik
- Mengurangi absensi dan *turnover* (biaya pergantian pekerja baru)
- Meningkatkan semangat kerja
- Meningkatkan kesehatan dan keselamatan pekerja
- Meningkatkan kualitas dan produktifitas produk
- Meningkatkan daya saing
- Mengurangi biaya medis dan material
- Mengurangi hilangnya jam kerja karena *nearmiss*
- Mengurangi potensi *error* dalam bekerja
- Meningkatkan kepuasan kerja karyawan

Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi adalah untuk meningkatkan keamanan, kenyamanan dan kesejahteraan pekerja sehingga dapat meningkatkan produktifitas kerja (Astuti, 2009).

### 2.1.1 Prinsip Ergonomi

Ergonomi berfokus pada suatu konsep sistem kerja (*worksysteem*) yang terdiri atas komponen manusia (*human*), mesin (*machine*), dan lingkungan (*environment*) yang saling berinteraksi satu sama lain baik secara langsung maupun tidak. Interaksi dasar beserta evaluasinya dijabarkan dalam Tabel 2.1 (Anisa, 2012).

Tabel 2.1 Interaksi Dasar dan Evaluasi pada Suatu Sistem Kerja

Interaksi	Evaluasi
<b>H &gt; M:</b> Tindakan pengendalian dasar yang dilakukan manusia dalam menggunakan mesin. Aplikasinya berupa penggunaan kekuatan yang besar, penanganan material, perawatan dan lain sebagainya.	<b>Anatomis:</b> Postur tubuh, pergerakan, besaran kekuatan, durasi dan frekuensi pergerakan, kelelahan otot. <b>Fisiologis:</b> Tingkat kerja (konsumsi oksigen dan detak jantung), kebugaran, kelelahan fisiologikal. <b>Psikologis:</b> Persyaratan kemampuan, beban mental, proses informasi yang berkelanjutan, kompatibilitas tindakan modalitas.
<b>H &gt; E:</b> Efek dari manusia terhadap lingkungan. Manusia mengeluarkan karbon dioksida, kebisingan, panas, dan lain-lain.	<b>Fisik:</b> Pengukuran obyektif dari lingkungan kerja. Implikasinya berupa pemenuhan standar yang berlaku.
<b>M &gt; H:</b> Umpan balik dan display informasi. Mesin dapat memberikan efek tekanan terhadap manusia berupa getaran, percepatan, dan lain sebagainya. Permukaan mesin yang panas atau dingin dapat mengancam kesehatan manusia.	<b>Anatomis:</b> Desain dan kendali alat. <b>Fisik:</b> Pengukuran obyektif dari getaran, reaksi kekuatan dari tenaga mesin, kebisingan dan suhu permukaan lingkungan kerja. <b>Fisiologis:</b> Apakah umpan balik sensoris melebihi batas fisiologis? <b>Psikologis:</b> Aplikasi dari prinsip pengelompokkan desain dari <i>faceplates</i> , panel, dan display grafik. Beban informasi. Kompatibilitas dengan harapan para pengguna
<b>M &gt; E:</b> Mesin dapat mengubah lingkungan kerja dengan mengeluarkan kebisingan, panas, dan buangan gas.	Umumnya ditangani oleh teknisi lapangan dan <i>industrial hygienist</i>



Tabel 2.1 Interaksi Dasar dan Evaluasi pada Suatu Sistem Kerja (lanjutan)

Interaksi	Evaluasi
<b>E &gt; H:</b> Lingkungan juga dapat mempengaruhi kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan mesin atau sistem kerja (dikarenakan oleh asap, kebisingan, panas, dan lain sebagainya)	<b>Fisik-Fisiologis:</b> Survey kebisingan, pencahayaan, dan suhu seluruh fasilitas.
<b>E &gt; M:</b> Lingkungan dapat mempengaruhi fungsi dari mesin dengan menimbulkan pemanasan atau pembekuan komponen mesin. Banyak mesin membutuhkan oksigen untuk beroperasi. Oksigen biasanya dianggap sebagai persediaan yang tidak terbatas dan bebas daripada sebagai bagian dari bahan bakar.	Ditangani oleh teknisi lapangan, personil perawatan, dan suhu seluruh fasilitas. Ditangani oleh teknisi lapangan, personil perawatan, manajemen fasilitas, dan sebagainya.

Keterangan: **H** = *Human*, **M** = *Machine*, **E** = *Environment*, **>** = *Causal Direction* atau hubungan langsung (Anisa, 2012).

## 2.2 Postur Kerja

Postur kerja merupakan pengaturan sikap tubuh saat bekerja. Sikap kerja yang berbeda akan menghasilkan kekuatan yang berbeda pula. Pada saat bekerja sebaiknya postur dilakukan secara alamiah sehingga dapat meminimalisasi timbulnya cedera muskuloskeletal. Kenyamanan tercipta bila pekerja telah melakukan postur kerja yang baik dan aman (Septina, 2010).

Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan postur kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada postur kerja yang tidak alami dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini akan mengakibatkan pekerja cepat lelah, adanya keluhan sakit pada bagian tubuh, cacat produk bahkan cacat tubuh. Untuk menghindari postur kerja yang demikian, pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain menyarankan hal-hal sebagai berikut (Meliana, 2009) :

1. Mengurangi keharusan pekerja untuk bekerja dengan postur kerja membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau dalam jangka waktu yang lama. Untuk mengatasi hal ini maka stasiun kerja harus dirancang terutama sekali dengan memperhatikan fasilitas kerja seperti

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

meja, kursi dan lain-lain yang sesuai dengan data antropometri agar pekerja dapat menjaga postur kerjanya tetap tegak dan normal. Ketentuan ini terutama sekali ditekankan bilamana pekerja harus dilaksanakan dengan postur berdiri.

2. Pekerja tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum. Pengaturan postur kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (konsep/ prinsip ekonomi gerak). Disamping itu pengaturan hal ini bisa memberikan postur kerja yang nyaman. Untuk hal-hal tertentu pekerja harus mampu dan cukup leluasa mengatur tubuhnya agar memperoleh postur kerja yang lebih leluasa dalam bergerak.
3. Pekerja tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama, dengan kepala, leher, atau kaki berada dalam postur kerja miring.
4. Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi diatas level siku normal.

Kerja seseorang dihasilkan dari tugas pekerjaan, rancangan tempat kerja dan karakteristik individu seperti ukuran dan bentuk tubuh. Pertimbangan untuk semua komponen yang dibutuhkan analisis postur dan perancangan tempat kerja (Meliana, 2009).

Pertimbangan-pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja dapat membantu mendapatkan postur kerja yang nyaman bagi pekerja, baik itu postur kerja berdiri, duduk, angkat maupun angkut. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan postur kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada postur kerja yang tidak alami dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini akan mengakibatkan pekerja cepat lelah, adanya keluhan sakit pada bagian tubuh, cacat produk bahkan cacat tubuh. Untuk menghindari postur kerja yang demikian, pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain sebagai berikut (Sri, 2009) :

- a. Mengurangi keharusan pekerja untuk bekerja dengan postur membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau dalam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

jangka waktu yang lama. Untuk mengatasi hal ini maka stasiun kerja harus dirancang terutama sekali dengan memperhatikan fasilitas kerja seperti meja, kursi dan yang lain-lain yang sesuai dengan antropometri.

- b. Pekerja tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum. Pengaturan postur kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal ( konsep/prinsip ekonomi gerakan).
- c. Pekerja tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada dalam postur kerja miring.
- 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.

## 2.3 Musculoskeletal Disorders (MSDs)

*Musculoskeletal disorders* adalah keluhan pada bagian–bagian otot rangka yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Otot yang menerima beban statis secara berulang dalam waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal*. Sebaliknya apabila pekerjaan berulang tersebut dilakukan dengan cara yang nyaman, sehat dan sesuai dengan standar yang ergonomis, maka tidak akan menyebabkan gangguan *musculoskeletal* dan semua pekerjaan akan berlangsung dengan efektif dan efisien. Pekerja yang melakukan kegiatan berulang-ulang dalam satu siklus sangat rentan mengalami gangguan *musculoskeletal* (Tarwaka, 2004 dikutip oleh Anizar, 2013).

### 2.3.1 Jenis-Jenis Musculoskeletal Disorder (MSDs)

Adapun jenis-jenis *Musculoskeletal Disorder* (MSDs) adalah sebagai berikut (Emi, 2010) :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. *Carpal Tunnel Syndrome* (CTS), yaitu tekanan pada saraf tengah yang terletak dipergelangan tangan yang dikelilingi jaringan dan tulang. Penekanan tersebut disebabkan oleh pembengkakan dan iritasi dari tendon dan penyelubung tendon. Gejala seperti rasa sakit pada pergelangan tangan, perasaan tidak nyaman pada jari-jari, dan mati rasa/kebas. CTS dapat menyebabkan seseorang kesulitan untuk menggenggam.
2. *Tendinitis* merupakan peradangan (pembengkakan) hebat atau iritasi pada tendon, biasanya terjadi pada titik dimana otot melekat pada tulang. Keadaan tersebut akan semakin berkembang ketika tendon terus menerus digunakan untuk mengerjakan hal-hal yang tidak biasa (penggunaan berlebih atau postur janggal pada tangan, pergelangan, lengan, dan bahu).
3. *Tenosynovitis* adalah sebuah peradangan hebat atau iritasi pada tendon yang berhubungan dengan gerakan fleksi dan ekstensi dari pergelangan tangan.
4. *Trigger finger* adalah rasa sakit dan tidak nyaman pada bagian jari-jari akibat tekanan yang berulang pada jari-jari (pada saat menggunakan alat kerja yang memiliki pelatuk) yang menekan tendon secara terus menerus hingga ke jari-jari.
5. *Epycondylitis*, merupakan rasa sakit atau nyeri pada bagian siku yang berhubungan dengan rotasi berlebih atau perputaran ekstrim pada lengan bawah atau pembengkokkan pada pergelangan tangan. Kondisi ini disebut juga *tennis elbow* atau *golfer's elbow*.
6. *Hand-Arm Vibration Syndrome* (HAVAS) adalah cedera akibat penggunaan tangan, pergelangan tangan, dan lengan pada peralatan kerja yang memiliki getaran/vibrasi secara terus menerus sehingga timbul gejala seperti jari-jari pucat, perasaan geli, dan mati rasa/kebas.
7. *Bursitis* adalah peradangan atau iritasi pada jaringan penyambung/jaringan ikat disekitar sendi, biasanya terjadi pada bahu akibat posisi janggal seperti mengangkat bahu diatas kepala dan bekerja dalam waktu yang lama.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8. *Tension neck syndrome* adalah ketegangan pada otot leher yang disebabkan oleh postur leher menengadah ke atas dalam waktu yang lama sehingga timbul gejala keluhan otot leher, kejang otot, dan rasa sakit yang menyebar ke bagian leher.
9. *Low back pain* adalah cedera pada punggung karena otot-otot tulang belakang mengalami peregangan jika postur tubuh membungkuk. Diskus (*disc*) mengalami tekanan yang kuat dan menekan juga bagian dari tulang belakang termasuk saraf. Apabila postur membungkuk berlangsung terus menerus maka diskus akan melemah yang pada akhirnya menyebabkan putusnya diskus (*disc rupture*) atau biasa disebut *herniation*.

### 2.3.2 Faktor Resiko yang Menyebabkan *Musculoskeletal Disorder* (MSDs)

Faktor-faktor yang menyebabkan *Musculoskeletal Disorder* (MSDs) terdiri dari (Madschen, 2012) :

1. Faktor Pekerjaan, meliputi:
  - 1.) Postur Janggal
  - 2.) Beban/gaya
  - 3.) Frekuensi
  - 4.) Durasi
2. Faktor Individu, meliputi:
  - 1.) Umur
  - 2.) Jenis kelamin
  - 3.) Masa kerja
  - 3.) Kebiasaan merokok
  - 4.) Kesegaran jasmani
  - 5.) Antropometri pekerja
3. Faktor Lingkungan, meliputi:
  - 1.) Tekanan
  - 2.) Getaran
  - 3.) Suhu



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pekerjaan fisik yang dilakukan di tempat kerja berhubungan dengan kapasitas otot pada tubuh pekerja. Faktor fisik yang termasuk didalamnya adalah (Mutia, 2012) :

1. Postur Janggal

Postur tubuh mengalami deviasi secara signifikan terhadap posisi normal saat melakukan pekerjaan. Postur janggal akan meningkatkan beban kerja dari otot sehingga merupakan pemberi kontribusi yang signifikan terhadap gangguan otot rangka. Selain meningkatkan tenaga yang dibutuhkan juga menyebabkan transfer tenaga otot menuju skeletal sistem menjadi tidak efisien.

2. *Force* (Beban) / Gaya

*Force* atau pengerahan tenaga merupakan jumlah usaha fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas atau gerakan. Pekerjaan menggunakan tenaga besar akan memberikan beban mekanik yang besar terhadap otot, tendon, ligament, dan sendi.

3. Durasi

Durasi adalah lamanya waktu pekerja terpapar secara terus-menerus oleh faktor risiko ergonomi. Pekerjaan yang menggunakan otot yang sama untuk durasi yang lama dapat meningkatkan potensi timbulnya kelelahan, baik lokal atau dapat juga pada sekujur tubuh. Secara umum dapat dikatakan, semakin lama durasi pekerjaan berisiko tersebut, maka waktu yang diperlukan untuk pemulihan juga akan semakin lama.

4. Frekuensi

Frekuensi dapat diartikan sebagai banyaknya gerakan yang dilakukan dalam suatu periode waktu. Jika aktivitas pekerjaan dilakukan secara berulang, maka dapat disebut sebagai *repetitive*. Gerakan *repetitive* dalam pekerjaan dapat dikarakteristikkan baik sebagai kecepatan pergerakan tubuh, atau dapat diperluas sebagai gerakan yang dilakukan secara berulang tanpa adanya variasi gerakan.

## 2.4 Nordic Body Map

Pengukuran kelelahan pada sistem otot rangka dalam bidang ergonomi mengalami satu kesulitan dalam satu kendala yang cukup serius yang sampai saat ini tidak ada cara pengukuran langsung terhadap luasnya aspek kelelahan. Tidak ada pengukuran yang bersifat mutlak terhadap kelelahan (Tarwaka, 2004 dikutip oleh Rachman, 2016).

Dengan melihat dan menganalisis peta tubuh (NBM) akan dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot skeletal yang dirasakan oleh pekerja. Metode ini dilakukan dengan memberikan penilaian subjektif pada pekerja.

Tabel 2.2 Tabel Keluhan *Nordic Body Map*

NO	JENIS KELUHAN	NO	JENIS KELUHAN
0	Sakit kaku di leher bagian atas	9	Sakit pada pantat
1	Sakit kaku dibagian leher Bagian bawah	10	Sakit pada siku kiri
2	Sakit dibahu kiri	11	Sakit pada siku kanan
3	Sakit dibahu kanan	12	Sakit lengan bawah kiri
4	Sakit lengan atas kiri	13	Sakit lengan bawah kanan
5	Sakit dipunggung	14	Sakit pada pergelangan tangan kiri
6	Sakit lengan atas kanan	15	Sakit pada pergelangan tangan kanan
7	Sakit pada pinggang	16	Sakit pada tangan kiri
8	Sakit pada bokong	17	Sakit pada tangan kanan
18	Sakit pada paha kiri	23	Sakit pada betis kanan
19	Sakit pada paha kanan	24	Sakit pada pergelangan kaki kiri
20	Sakit pada lutut kiri	25	Sakit pada pergelangan kaki kanan
21	Sakit pada lutut kanan	26	Sakit pada kaki kiri
22	Sakit pada betis kiri	27	Sakit pada kaki kanan

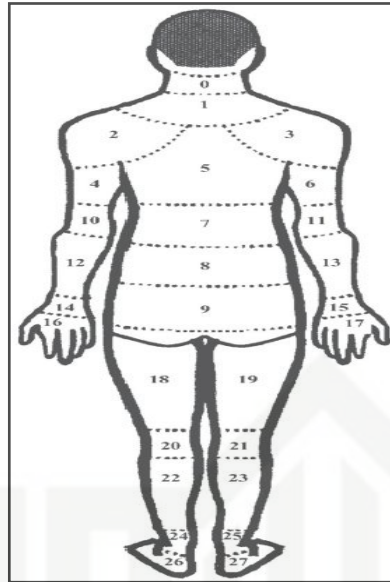
Sumber : (Wijaya, 2008)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.1 *Nordic Mody Map*  
Sumber : (Wijaya, 2008)

## 2.5 *Material Handling*

Masalah utama dalam produksi ditinjau dari segi kegiatan / proses produksi adalah Bergeraknya material dari satu tingkat ke tingkat proses produksi berikutnya. Hal ini terlihat sejak material diterima di tempat penerimaan, kemudian dipindahkan ke tempat pemeriksaan dan selanjutnya disimpan di gudang. Pada bagian proses produksi juga terjadi perpindahan material yang diawali dengan mengambil material dari gudang, kemudian diproses pada proses pertama dan berpindah pada proses berikutnya sampai akhirnya dipindah ke gudang barang jadi. Untuk memungkinkan proses produksi dapat berjalan dibutuhkan adanya kegiatan pemindahan material yang disebut dengan *Material Handling* (Suhardi, 2008).

Aktivitas *material handling* di industri biasanya dilakukan dengan menggunakan alat / mesin atau menggunakan tenaga manusia. Pada bab ini akan dibahas mengenai *material handling* dengan menggunakan alat dan *manual material handling*. Pada bab ini pembahasan mengenai penanganan *material handling* B3 tidak dibahas secara mendalam, karena buku ini dipakai oleh siswa sekolah menengah kejuruan Jurusan Teknik Mesin. Dengan mempelajari bab ini para siswa diharapkan paham akan macam-macam peralatan *material handling*



dan mengetahui penggunaan dari peralatan tersebut sesuai dengan jenis industrinya. Selain itu para siswa diharapkan mampu untuk melakukan *manual material handling* secara benar (Suhardi, 2008).

## 2.6 Beban Angkat

Beban angkat merupakan beban yang di derita oleh seseorang ketika mengangkat suatu beban. Pekerjaan yang di mulai dengan proses mengangkat cenderung mengakibatkan nyeri pada pinggang, hal ini disebabkan karena adanya pembebanan yang terjadi secara tiba-tiba. Bila seorang tenaga kerja mengangkat barang sambil membungkuk, tekanan yang besar sekali terjadi pada daerah pinggang sebagai akibat gaya pengungkit (Subiantoro, 2006 dikutip oleh Giovanny, 2011).

## 2.7 Metode Analisis Postur Kerja OWAS

Metode OWAS telah diaplikasikan pada tahun tujuh puluhan di perusahaan besi baja di Finlandia. *Institute of Occupational Health* menganalisis postur seluruh bagian tubuh dengan posisi duduk dan berdiri. Metode ini juga telah digunakan untuk menganalisis postur di Indonesia, dengan menggunakan OWASCA (OWAS *Computer-Aided*), yakni metode OWAS yang diintegrasikan dengan komputer. Analisis dilakukan pada seluruh bagian tubuh pada posisi duduk dan berdiri. Input metode OWAS adalah sebagai berikut (Ojanen, 2000 dikutip oleh Budiman, 2016) :

1. Data postur punggung
2. Data postur lengan.
3. Data postur kaki
4. Data berat beban yang diangkat.

Berikut ini adalah klasifikasi sikap bagian tubuh yang diamati untuk dianalisa dan dievaluasi (Wijaya, 2008 dikutip oleh Wresni, 2012) :

### 1. Sikap Punggung

- a. Lurus
- b. Membungkuk
- c. Memutar atau miring kesamping

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- d. Membungkuk dan memutar atau membungkuk kedepan dan menyamping



Gambar 2.2 Klasifikasi Sikap Kerja Bagian Punggung

Sumber : (Wresni, 2012)

#### 2. Sikap Lengan

- a. Kedua lengan berada dibawah bahu  
b. Satu lengan berada pada atau diatas bahu  
c. Kedua lengan pada atau diatas bahu



Gambar 2.3 Klasifikasi Sikap Kerja Bagian Lengan

Sumber : (Wresni, 2012)

#### 3. Sikap Kaki

- a. Duduk  
b. Berdiri bertumpu pada kedua kaki lurus  
c. Berdiri bertumpu pada satu kaki lurus  
d. Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk  
e. Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk  
f. Berlutut pada satu atau kedua lutut  
g. Berjalan



Gambar 2.4 Klasifikasi Sikap Kerja Bagian Kaki

Sumber : (Wresni, 2012)

#### 4. Berat Beban

- Berat beban adalah kurang dari 10 Kg ( $W = 10 \text{ Kg}$ )
- Berat beban adalah 10 Kg – 20 Kg ( $10 \text{ Kg} < W = 20 \text{ Kg}$ )
- Berat beban adalah lebih besar dari 20 Kg ( $W > 20 \text{ Kg}$ )

Hasil dari analisa sikap kerja OWAS terdiri dari empat level skala sikap kerja yang berbahaya bagi para pekerja.

Tabel 2.3 Analisa Sikap Kerja OWAS

Kategori 1	Pada sikap ini tidak masalah pada sistem musculoskeletal . Tidak Perlu diperbaiki.
Kategori 2	Pada sikap ini berbahaya pada sistem musculoskeletal (sikap kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang signifikan). Perlu perbaikan dimasa yang akan datang
Kategori 3	Pada sikap ini berbahaya pada sistem musculoskeletal (sikap kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang sangat signifikan). Perlu perbaikan segera mungkin
Kategori 4	Pada sikap ini berbahaya pada sistem musculoskeletal (sikap kerja mengakibatkan resiko yang jelas). Perlu perbaikan secara langsung/saat ini.

(Sumber : Suhardi, 2008)



Berikut ini merupakan tabel kategori tindakan kerja OWAS secara keseluruhan, berdasarkan kombinasi klasifikasi sikap dari punggung, lengan, kaki dan berat beban (Suhardi, 2008).

Tabel 2.4 Kategori Tindakan Kerja OWAS

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Load
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	4	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

(Sumber : Suhardi, 2008)

Tabel 2.4 menjelaskan mengenai klasifikasi postur-postur kerja ke dalam kategori tindakan. Sebagai contoh postur kerja dengan kode 2131, maka postur kerja ini merupakan postur kerja dengan kategori tindakan dengan derajat perbaikan level 4, yaitu pada sikap ini berbahaya bagi sistem *musculoskeletal* (sikap kerja ini mengakibatkan resiko yang jelas). Perlu perbaikan secara langsung atau saat ini (Suhardi, 2008).

## 2.8 Antropometri

Istilah Antropometri berasal dari kata “anthropos” yang berarti manusia dan “metron” yang berarti ukuran. Dengan demikian Antropometri memiliki arti telaah tentang ukuran tubuh manusia dan mengupayakan evaluasi untuk melaksanakan kegiatannya dengan mudah dan gerakan-gerakan yang sederhana. Antropometri sangat penting untuk diperhatikan terutama dalam mendesain tempat kerja. Hal ini dikarenakan ukuran tubuh dan bentuk manusia yang mempunyai banyak varibilitas. Selain itu jenis kelamin, ras atau suku dan jenis pekerjaan juga mempengaruhi dalam perancangan (Sentosa, 2010).

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (desain) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Menurut (Wignjosoebroto, 2016) 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.

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 (Wignjosoebroto, 2016).

### 2.8.1 Faktor – Faktor Pengukuran Antropometri

Manusia pada umumnya akan berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Menurut (Wignjoesobroto, 2008) ada beberapa faktor yang akan mempengaruhi ukuran tubuh manusia, sehingga sudah semestinya seorang perancang produk harus memperhatikan faktor-faktor tersebut antara lain :

1. Usia. Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya usia, yaitu sejak awal kelahirannya sampai dengan umur sekitar 20 tahunan.
2. Jenis kelamin. Dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya akan lebih besar dibandingkan dengan wanita, terkecuali untuk beberapa bagian tubuh tertentu seperti pinggul dan lain-lain.
3. Suku bangsa. Setiap suku bangsa ataupun kelompok etnik akan memiliki karakteristik fisik yang akan berbeda satu dengan lainnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Posisi tubuh. Posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh sebab itu posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran. Dalam kaitan posisi tubuh dikenal 2 cara pengukuran yaitu:

1. Pengukuran dimensi struktur tubuh (*structural body dimensions*)

Di sini tubuh diukur dalam berbagai posisi standar dan dalam tidak bergerak. Istilah lain dari pengukuran tubuh dengan cara ini dikenal dengan *static anthropometri*. dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap antara lain meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri maupun duduk, ukuran kepala, tinggi atau panjang lutut pada saat berdiri maupun duduk, panjang lengan dan sebagainya. Ukuran dalam hal ini di ambil dengan *percentile* tertentu seperti 5-th dan 95-th *percentil*.

2. Pengukuran dimensi fungsional tubuh (*functional body dimensions*)

Di sisni pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan. Hal pokok yang ditekankan dalam pengukuran dimensi fungsional tubuh ini adalah mendapatkan ukuran tubuh yang nantinya akan berkaitan erat dengan gerakan-gerakan nyata yang diperlukan tubuh untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu. Berbeda dengan pengukuran yang pertama *structural body dimensions* yang mengukur tubuh dalam posisi tetap, maka cara pengukuran kali ini dilakukan pada saat tubuh melakukan gerakan-gerakan kerja atau dalam posisi yang dinamis (Wignjoesobroto, 2008).

### 2.8.2 Aplikasi Data 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 di dalam



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

aplikasi data antropometri tersebut harus ditetapkan terlebih dahulu seperti diuraikan berikut (Wigniosoebroto, 2008):

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang *ekstrem*.

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

- a. Bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi *ekstrem* dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan dengan rata-rata.
- b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada) agar biasa memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara:
  - i. Untuk dimensi minimum yang harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya disarankan pada nilai *percentile* yang terbesar seperti 90-th, 95-th, atau 99-th *percentile*. Contoh konkret pada kasus ini bisa dilihat pada penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi dari pintu darurat.
  - ii. Untuk dimensi maksimum yang harus ditetapkan dan diambil berdasarkan nilai *percentile* yang paling rendah (1-th, 5-th, 10-th *percentile*) dari distribusi data antropometri yang ada. Hal ini diterapkan sebagai contoh dalam penerapan jarak jangkauan dari suatu mekanisme yang harus dioperasikan oleh seorang pekerja.

Secara umum aplikasi data antropometri untuk perancangan produk ataupun fasilitas kerja akan menetapkan nilai 5-th *percentile* untuk dimensi maksimum dan 95-th untuk dimensi minimumnya.

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

Disini rancangan bisa diubah ukuranya sehingga cukup *fleksibel* dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam bentuk ukuran tubuh. Contoh yang paling umum dijumpai adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini letaknya bisa digeser maju atau mundur dan sudut sandarannya pun bisa berubah-ubah sesuai dengan yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

diinginkan. Dalam kaitanya untuk mendapatkan rancangan yang *fleksibel*, semacam ini maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th sampai dengan 95-th *percentile*.

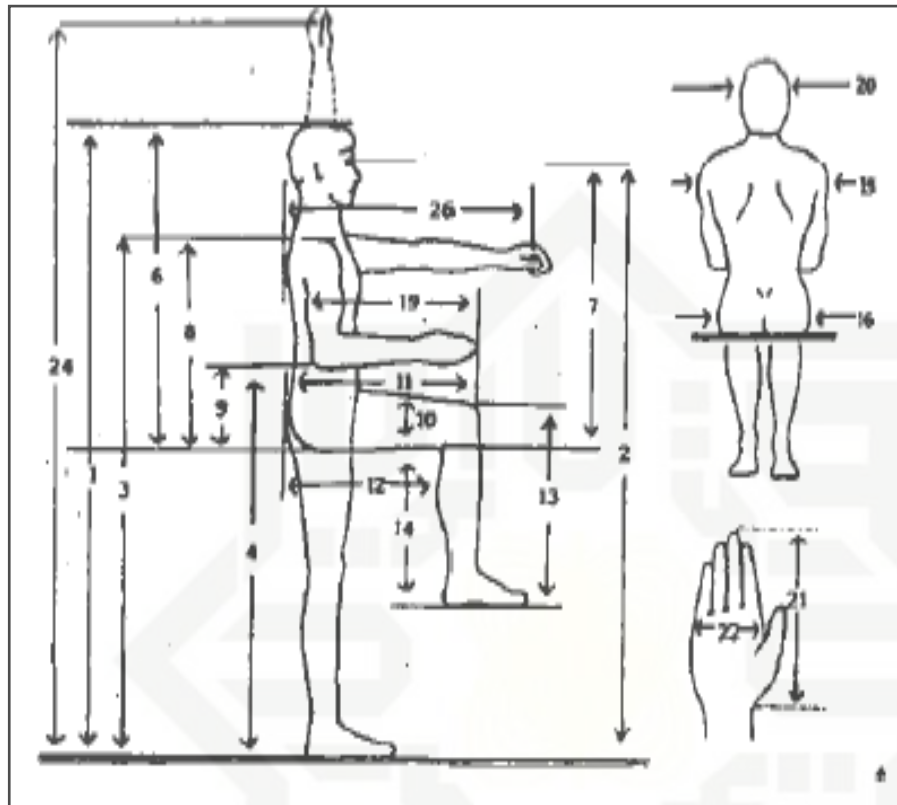
3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata

Dalam hal ini rancangan produk didasarkan terhadap rata-rata ukuran manusia. Masalah pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berbeda dalam ukuran rata-rata. Disini produk dirancang dan dibuat untuk mereka yang berukuran sekitar rata-rata, sedangkan bagi mereka memiliki ukuran *ekstrem* akan dibuatkan rancangan tersendiri.

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

- a. Pertama kali terlebih dahulu harus ditetapkan anggota tubuh yang mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
- b. Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* ataukah *functional body dimension*.
- c. 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, dan lain-lain.
- d. Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan tersebut untuk ukuran individual yang *ekstrem*, rentang ukuran yang *fleksibel* ataukah ukuran rata-rata.
- e. Pilih persentase populasi yang harus diikuti 90-th, 95-th, 99-th ataukah nilai *percentile* yang lain yang dikehendaki.

Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data antropometri untuk bisa diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja maka akan diberi informasi dari Gambar 2.5 (Wignjoesobroto, 2008):



Gambar 2.5 *Anthropometri* tubuh manusia dalam perancangan  
Sumber : (Wignjoesobroto, 2008)

Keterangan :

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai ujung kepala)
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak
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 atau pantat sampai dengan kepala)
7. Tinggi mata dalam posisi duduk
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

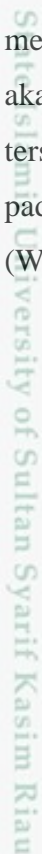
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus)
10. Tebal atau lebar paha
11. Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan ujung lutut
12. Panjang paha yang diukur dari pantat sampai bagian belakang dari lutut atau 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
17. Lebar dada
18. Lebar perut
19. Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi 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. Gtinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus ke atas
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 (Wignjoesobroto, 2008).

## 2.9 Penggunaan Distribusi Normal

Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasinya dari suatu distribusi normal. Adapun distribusi normal ditandai dengan adanya nilai rata-rata (*mean*) dan SD (standar deviasi). Sedangkan persentil adalah suatu nilai yang menyatakan persentase

University of Sultan Syarif Kasim Riau



(Sumber: Nurmianto, 2008)

Tabel 2.5 Persentil untuk Data Berdistribusi Normal

Percentile	Perhitungan
1 <sup>st</sup>	$X - 2,325 . SD$
2,5 <sup>th</sup>	$X - 1,96 . SD$
5 <sup>th</sup>	$X - 1,645 . SD$
10 <sup>th</sup>	$X - 1,28 . SD$
50 <sup>th</sup>	$X$
90 <sup>th</sup>	$X + 1,28 . SD$
95 <sup>th</sup>	$X + 1,645 . SD$
97,5 <sup>th</sup>	$X + 1,96 . SD$
99 <sup>th</sup>	$X + 2,325 . SD$

(Sumber: Nurmianto, 2008)

Dalam pokok bahasan antropometri, 95 persentil menunjukkan tubuh berukuran besar, sedangkan 5 persentil menunjukkan tubuh berukuran kecil. Jika diinginkan dimensi untuk mengakomodasikan 95% populasi maka 2,5 dan 97,5 persentil adalah batas ruang yang dapat dipakai (Nurmianto, 2008).

## 2.10 Pengujian Data

Pengujian data bertujuan untuk menentukan data anthropometri operator terhadap alat yang akan dirancang, dengan menguji kenormalan, keseragaman dan kecukupan data dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 2.10.1 Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data digunakan untuk mengetahui apakah suatu data berdistribusi normal atau tidak. Untuk uji kenormalan data digunakan distribusi Chi Hitung ( $X^2 \sigma$ ), dengan Rumus 2.1 (Nugroho, 2008):

$$X^2 = \sum_{i=1}^p \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :  $O_i$  : Frekuensi pengamatan

$E_i$  : Frekuensi harapan

Hipotesis :  $H_0$  : Data berdistribusi normal

$H_1$  : Data tidak berdistribusi normal

Keputusan : Chi\_Square Hitung < Chi\_Tabel :  $H_0$  diterima  
Chi\_Square Hitung > Chi\_Tabel :  $H_0$  ditolak, terima  $H_1$   
Chi\_Tabel menggunakan tingkat signifikansi ( $\sigma$ ) = 5%, ini berarti dalam penelitian hanya diperbolehkan penyimpangan sebesar 5%.

## 2.10.2 Uji Keseragaman Data

Langkah-langkah perhitungan uji keseragaman data (Nugroho, 2008) :

- Langkah pertama dalam uji keseragaman data yaitu menghitung besarnya rata-rata dari setiap hasil pengamatan, dengan Rumus 2.1 berikut:

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

- Langkah kedua adalah menghitung standar deviasi dengan Rumus 2.3 berikut ini :

$$\text{Standar deviasi : } \sigma = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{N-1} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$\sigma$  = Standar deviasi dari populasi

N = Banyaknya jumlah pengamatan

X = Data hasil pengukuran

- Langkah ketiga adalah menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) yang digunakan sebagai pembatas dibuangnya data ekstrim dengan menggunakan Rumus 2.4 dan 2.5 berikut :

$$BKA = \bar{X} + k\sigma \dots\dots\dots(2.4)$$

$$BKB = \bar{X} - k\sigma \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

X = Rata-rata data hasil pengamatan

$\sigma$  = Standar deviasi dari populasi

k = Koefisien indeks tingkat kepercayaan, yaitu:



Tingkat kepercayaan 0 % - 68 % harga k adalah 1  
Tingkat kepercayaan 69 % - 95 % harga k adalah 2  
Tingkat kepercayaan 96 % - 100 % harga k adalah 3

### 2.10.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data ini dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan adalah cukup secara objektif. Idealnya pengukuran harus dilakukan dalam jumlah yang banyak, bahkan sampai jumlah yang tak terhingga, agar data hasil dari pengukuran itu layak untuk digunakan. Namun pengukuran dalam jumlah yang banyak sulit untuk dilakukan mengingat keterbatasan-keterbatasan yang ada baik dari segi waktu, biaya, tenaga dan sebagainya.

Pengujian kecukupan data ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$N' = \left[ \frac{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

$N'$  = jumlah pengukuran yang seharusnya dilaksanakan.

$N$  = jumlah pengamatan yang dilakukan.

$X$  = data antropometri untuk tiap-tiap individu pengamatan.

Apabila  $N' < N$ , maka dikatakan telah cukup. Namun, apabila  $N' > N$ , maka jumlah data belum cukup sehingga harus dilakukan penambahan data sebesar selisih antara  $N'$  dan  $N$ . Setelah itu dilakukan kembali pengujian kenormalan data, uji keseragaman data, dan uji kecukupan data.

### 2.11 Kerja Fisiki dan Konsumsi Energi

Secara umum yang dimaksudkan dengan kerja fisik (*physical work*) adalah kerja yang memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya (*power*). Kerja fisik seringkali juga disebut sebagai “*manual operation*” dimana performans kerja sepenuhnya akan bergantung manusia baik yang berfungsi sebagai sumber tenaga (*power*) ataupun pengendali (*control*). Dalam hal ini kerja fisik ini, maka konsumsi energi (*energi consumption*) merupakan faktor utama

dan tolak ukur yang dipakai sebagai penentu berat atau ringannya kerja fisik tersebut (Nugroho, 2008).

Menurut (Wignjoesoebroto, 2008) berat atau ringannya kerja yang dilakukan oleh seseorang pekerja akan bias ditentukan oleh gejala-gejala perubahan antara lain seperti :

- Laju denyut jantung
- Tekanan darah
- Laju pengeluaran keringat
- Komsumsi oksigen yang dihirup
- Kandungan kimiawi dalam darah

### 2.11.1 Proses Metabolisme

Proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh manusia merupakan *phase* yang penting sebagai penghasil energi yang diperlukan untuk kerja fisik. Proses metabolisme ini bisa dianalogikan dengan proses pembakaran yang kita jumpai dalam mesin motor bakar. Lewat proses metabolis akan dihasilkan panas dan energi yang diperlukan untuk kerja fisik atau mekanis lewat sistem otot manusia, disini zat-zat makanan akan bersenyawa dengan oksigen yang dihirup, terbakar dan menimbulkan panas serta energi mekanik (Wignjoesoebroto, 2008).

Dalam *literature* ergonomi, besarnya energi yang dihasilkan atau dikonsumsi akan dinyatakan dalam unit satuan “kilo kalori atau Kcal” atau Kilo Joules (KJ)” bilamana akan dinyatakan dalam satuan *Standard Internasional* (SI), dimana Satu *Kilocalorie* (Kcal) = 4,2 kilojoules (KJ) Nilai konversi di atas akan dapat berguna bilamana nilai konsumsi energi diberikan dalam unit satuan “watt” (1 watt = 1 joule/detik).

Selanjutnya dalam fisiologi kerja, energi yang dikonsumsi seringkali bisa diukur secara langsung yaitu melalui konsumsi oksigen yang dihisap. Dalam hal ini konversi bisa dinyatakan dengan satu liter O<sub>2</sub> = 4,8 Kcal = 20 KJ

Dari nilai konversi tersebut tampak bahwa nilai kalori oksigen dari setiap liter oksigen yang dihirup akan menghasilkan energi rata-rata sebesar 4,8 Kcal atau 20 KJ. Istilah yang sering digunakan untuk mengkonversikan nilai 1 liter

oksigen dengan energi yang dihasilkan oleh tubuh manusia adalah “nilai kalorifik dari oksigen”. Dari nilai konversi yang telah distandarkan tersebut, maka untuk mengetahui berapa konsumsi *energy* (Kcal) yang diperlukan untuk melaksanakan suatu kegiatan manual fisik dapat dicari dengan mengukur secara langsung *volume* oksigen (liter) yang dihirup manusia kemudian dikalikan dengan 4,8 Kcal energi.

Pengukuran detak atau denyut jantung nadi sangat sensitif terhadap temperatur dan tekanan emosi manusia, dan disisi lain pengukuran melalui konsumsi oksigen pada dasarnya tidak akan diukur. Dalam aktivitas penelitian tentang pengukuran energi fisik kerja, maka kedua metode ini yang paling sering diaplikasikan. Untuk pengukuran denyut nadi atau jantung, lagi pengukuran dilaksanakan pada saat setiap menit selama siklus kerja berlangsung dan 3 menit selama periode pemulihan (*recovery*). Sedangkan untuk pengukuran dilakukan terhadap *volume oksigen* yang dihisap permenit yang diambil 5 menit terakhir dari setiap siklus berlangsung (Wignjosoebroto, 2008).

Perlu diketahui konsumsi oksigen akan tetap diperlukan meskipun orang tidak melakukan aktivitas fisik. Kondisi seperti ini disebut energi kimiawi dari makanan hampir seluruhnya akan dipakai untuk menjaga panas badan, agar manusia bisa tetap hidup. Adanya kerja fisik akan menyebabkan penambahan energi. Kenaikan konsumsi energi untuk kerja atau metabolisme kerja dapat diformulasikan sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2008):

Konsumsi Energi Untuk kerja Fisik (Metabolisme Kerja)	=	Basal Metabolisme (Nilai Energi Saat Istirahat)	+	Niali Kalori kerja
--	---	--	---	-----------------------

Basal metabolisme seringkali juga disebut sebagai “metabolisme basal” besar atau kecilnya akan ditentukan oleh berat badan, tinggi dan jenis kelamin *seks* seseorang. Sebagai acuan dasar, metabolisme untuk:

1. Laki-laki, dewasa, berat 70 Kg = 1,2 Kcal/menit atau sekitar 1.700 Kcal/24 jam.

2. Wanita, dewasa, berat 60 Kg =1 Kcal/menit atau sekitar 1.450 Kcal/24 jam. Untuk kegiatan-kegiatan yang memerlukan gerakan fisik anggota tubuh dalam klasifikasi ringan seperti berjalan, duduk, berdiri, berpakaian, dan lainnya maka memerlukan tambahan kalori kerja senilai 600-700 Kcal/24 jam atau total kebutuhan energi sebesar 2300-2400 Kcal/24 jam.

### 2.11.2 Standar untuk Energi Kerja

Dari hasil penelitian mengenai fisiologi kerja diperoleh kesimpulan bahwa 5,2 Kcal/menit akan dipertimbangkan sebagai maksimum energi yang dikonsumsi untuk melaksanakan kerja fisik berat atau kasar secara terus menerus. Nilai 5,2 Kcal/menit dapat pula dikonversikan dalam bentuk konsumsi oksigen:

$$5,2 = \frac{\text{Kcal}}{\text{Menit}} = \frac{5,2}{4,8} = 1,08 \frac{\text{Liter Oksigen}}{\text{Menit}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\frac{\text{Tenaga}}{\text{daya}} : 5,2 = \frac{\text{Kcal}}{\text{Menit}} = 5,2 \times 4,2 \frac{\text{KJ}}{\text{Menit}} = 21,84 \text{ KJ/menit} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$21,48 \times \frac{1000}{60} = 364 \text{ watt} \dots\dots\dots(2.9)$$

Bilamana nilai metabolisme basal =1,2 Kcal/menit maka energi yang dikonsumsi untuk kerja fisik berat adalah (5,2 - 1,2 = 4,0 Kcal/menit). Nilai kalori kerja 5,3 pada kondisi kerja standard ini akan menyebabkan jantung atau nadi akan berdetak sekitar 120 detik/menit. Nilai-nilai ini kemudian akan dipakai sebagai tolak ukur yang akan menggambarkan kondisi kerja standar. (Wignjosoebroto, 2008).

Kepastian energi yang mampu dihasilkan oleh seseorang juga akan dipengaruhi oleh faktor usia, disini kapasitas maksimum seorang pekerja adalah pada usia antara 20-30 tahun (100 %), dimana dengan meningkatnya usia, kemampuan tersebut jugkan menurun dengan persentase dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.



Tabel 2.6 Persentase Kemampuan dengan Meningkatnya Usia

Umur (Tahun)	Presentase Kemampuan (%)
20-30	100%
40	96%
50	90%
60	80%
65	75%

(Sumber: Wignjosoebroto, 2008)

### 2.11.3 Pengukuran Denyut Jantung

Jantung merupakan alat yang sangat penting bagi pekerja. Alat tersebut merupakan pompa darah kepada otot, sehingga zat yang diperlukan dapat diberikan kepada dan zat-zat sampah dapat diambil dari otot. Jantung bekerja di luar kemampuan dan memiliki kemampuan secara khusus. Alat itu memompa darah arteri ke jaringan, termasuk otot, dan darah vena ke paru-paru. Suatu denyut jantung merupakan suatu *volume* denyutan (*stroke volume*).

Pengukuran denyut jantung adalah salah satu alat untuk mengetahui beban kerja. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain yaitu (Nurmianto, 2008):

1. Merasakan denyut yang ada pada arteri radial pada pergelangan tangan.
2. Mendengarkan denyut dengan *stethoscope*.
3. Menggunakan ECG (*Electrocardiogram*) yaitu mengukur signal elektrik yang diukur dari otot jantung pada permukaan kulit.

Derajat beratnya beban kerja tidak hanya tergantung pada jumlah kalori yang dikonsumsi, akan tetapi juga bergantung pada jumlah otot yang terlibat pada pembebanan statis. Sejumlah konsumsi energi tersebut akan lebih berat jika hanya ditunjang oleh sejumlah kecil otot relatif terhadap sejumlah besar otot. Begitu juga untuk konsumsi energi dapat juga untuk menganalisa pembebanan otot statis dan dinamis.

Jumlah denyut jantung merupakan petunjuk besar-kecilnya beban kerja. Pada pekerjaan sangat ringan denyut jantung  $<75$  *pulse*/menit, pekerjaan ringan diantara 75-100 *pulse*/menit, agak berat 100-125 *pulse*/menit, berat 125-150

*pulse*/menit, sangat berat 150-175 *pulse*/menit dan luar biasa berat lebih dari 175 *pulse*/menit. Maksimal denyut nadi orang muda adalah 200 *pulse*/menit. Sedangkan yang berusia 40 tahun ke atas 170 *pulse*/menit. Jantung yang sehat dalam 15 menit sesudah kerja akan bekerja normal kembali seperti semula. Beban kerja ini menentukan berapa lama seseorang dapat bekerja sesuai dengan kapasitas kerjanya. Semakin besar beban, semakin pendek waktu seseorang dapat bekerja tanpa kelelahan atau gangguan (Nurmianto, 2008).

Adapun hubungan antara metabolisme, respirasi, energi expenditure dan denyut jantung sebagai media pengukur beban kerja ditunjukkan pada Tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2.7 Hubungan Antara Metabolisme, Respirasi, Energi Expenditure dan Denyut Jantung sebagai Media Pengukur Beban Kerja

<i>Assesment Of Work Load</i>	<i>Oxygen Consumption Liters/min</i>	<i>Lung Ventilation Liters/min</i>	<i>Energi Expenditure Calories/minute</i>	<i>Heart Rate Pulses/mins</i>
“Very low” (resting)	0,25-0,3	6-7	<2,5	60-70
“Low”	0,5-1	11-20	2,5-5,0	75-100
“Moderate”	1-1,5	20-31	5,0-7,5	100-25
“High”	1,5-2	31-43	7,5-10,0	125-150
“Very High”	2-2,5	43-56	10,0-12,5	150-175
“Extremly High” (e.g sport)	2,4-4	60-100	> 12,5	>175

(Sumber: Nurmianto, 2008)

## 2.12 Menetapkan Waktu Baku

### 2.12.1 Penyesuaian Waktu dengan *Performance Rating* Kerja

*Performance rating* adalah aktivitas untuk menilai atau mengevaluasi terhadap kecepatan kerja operator. Dengan melakukan *rating* ini diharapkan waktu kerja yang diukur dapat dinormalkan kembali. Ketidak normalan dari waktu kerja ini diakibatkan oleh kerja operator yang bekerja secara kurang wajar yaitu bekerja dalam tempo atau kecepatan yang tidak sebagaimana mestinya. Untuk menormalkan waktu kerja yang diperoleh dari hasil pengamatan, maka hal ini dilakukan dengan mengadakan penyesuaian yaitu dengan cara mengalikan

waktu pengamatan rata-rata dengan faktor penyesuaian atau *rating* (Nugroho, 2008).

### 2.12.2 Menetapkan Waktu Kelonggaran

Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan atau tempo kerja yang normal. Walaupun demikian pada prakteknya kita akan melihat bahwa tidaklah bisa diharapkan operator tersebut akan mampu bekerja secara terus-menerus sepanjang hari tanpa adanya interupsi sama sekali. Disini kenyataannya operator akan sering menghentikan kerja dan membutuhkan waktu-waktu khusus untuk keperluan seperti *personal needs*, istirahat melepas lelah, dan alasan-alasan lain yang diluar kontrolnya. Waktu longgar yang dibutuhkan dan akan menginterupsi proses produksi ini bisa diklasifikasikan menjadi *personal allowance*, *fatigue allowance*, dan *delay allowance* (Nugroho, 2008).

### 2.12.3 Menghitung Waktu Siklus

Untuk mengetahui waktu baku dari suatu elemen kerja maka terlebih dahulu harus diketahui waktu siklus dan waktu normal dari suatu elemen kerja (Nugroho, 2008). Waktu siklus dapat dihitung dengan Rumus 2.10 berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{N} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

X = Waktu Siklus

x = Waktu Pengamatan

N = Jumlah Pengamatan yang dilakukan

### 2.12.4 Menghitung Waktu Normal

Waktu normal merupakan hasil perkalian antara waktu siklus dengan *performance rating* yang telah ditetapkan. Nilai *performance rating* diperoleh berdasarkan tabel *westing house* meliputi ketrampilan (*skill*), usaha (*effort*),

kondisi kerja (*condition*), kekonsistensian (*consistency*) dari operator dalam melakukan kerja.

Apabila operator bekerja terlalu lambat maka nilai ratingnya  $p < 1$ , dan apabila operator bekerja terlalu cepat maka nilai ratingnya  $p > 1$  (Nugroho, 2008).

Adapun waktu normal dapat dihitung dengan Rumus 2.11 berikut:

$$W_n = W_s \times PR \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

$W_n$  = Waktu Normal

$W_s$  = Waktu Siklus

$PR$  = *Performance Rating*

### 2.12.5 Menghitung Waktu Baku

Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja dengan kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan pada sistem yang terbaik pada saat itu. Nilai *allowance* berdasarkan tabel penyesuaian *westing house* dengan melihat kondisi tempat kerja yang ada (Nugroho, 2008). Adapun waktu baku dapat dihitung dengan Rumus 2.12 berikut:

$$\text{Waktu Baku (Wb)} = W_n \times \left( \frac{100\%}{100\% - \text{Allowance}} \right) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

$W_b$  = Waktu Baku

$W_n$  = Waktu Normal

### 2.12.6 Menghitung Output Standar

*Output* standar adalah sejumlah *output* atau keluaran yang seharusnya dihasilkan dari seorang pekerja dengan kemampuan rata-rata (Nugroho, 2008). Untuk mengetahui jumlah *output* standar dapat dapat dihitung dengan Rumus 2.13 berikut :

$$\text{Output Standar (OS)} = \frac{1}{W_b} \dots\dots\dots(2.13)$$



Dimana:

Os = Output Standar

Wb = Waktu Baku

## 2.13 Perancangan Produk

Produk adalah keluaran (*output*) yang diperoleh dari sebuah proses produksi dan merupakan pertambahan nilai dari bahan baku dan merupakan komoditi yang dijual perusahaan kepada konsumen. Konsep produk adalah sebuah gambaran atau perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja dan bentuk produk yang akan dikembangkan. Biasanya disajikan ke dalam gambar berbentuk 3 dimensi dengan uraian setiap komponen (Widodo, 2005 dikutip oleh Giovani, 2011).

Perancangan dan pengembangan produk adalah semua proses yang berhubungan dengan keberadaan produk yang meliputi segala aktivitas yang dimulai dari identifikasi keinginan konsumen sampai fabrikasi, penjualan dan *delivery* dari produk. Melalui perancangan dan pengembangan produk, diharapkan akan dihasilkan inovasi produk baru yang mampu memberikan keunggulan tertentu di dalam mengatasi persaingan dengan produk kompetitor (Widodo, 2005 dikutip oleh Giovani, 2011).

Proses perancangan dan pengembangan produk pada hakikatnya merupakan langkah-langkah strategis yang akan mempengaruhi segala langkah manajemen yang diambil dan merupakan proses yang sangat kompleks sehingga memerlukan cara berpikir yang komprehensif dengan melibatkan berbagai macam disiplin ilmu (Widodo, 2005). Proses pengembangan perancangan konsep produk mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut (Widodo, 2005 dikutip oleh Giovani, 2011) :

a. Identifikasi produk

Memahami kekurangan dan kelemahan yang terdapat pada produk sebelumnya dan melakukan perbaikan terhadap produk tersebut.

b. Penetapan spesifikasi target

Spesifikasi memberikan uraian yang tepat mengenai bagaimana produk bekerja dan merupakan terjemahan dari identifikasi produk.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

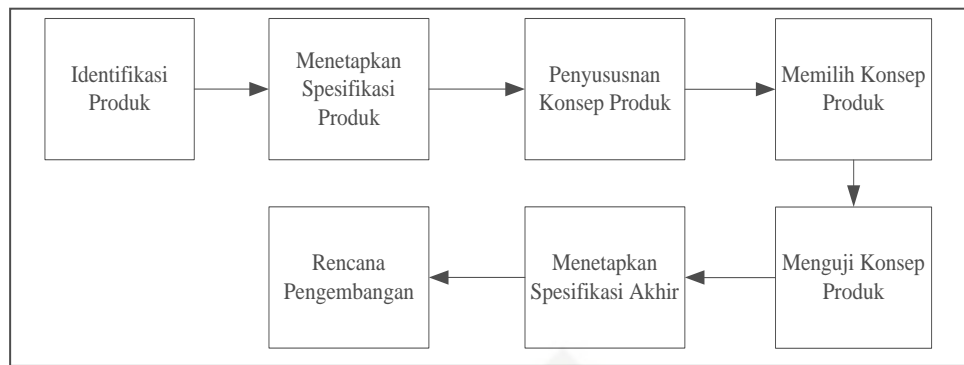
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- c. **Penyusunan konsep**  
Sasaran penyusunan konsep adalah menggali konsep-konsep produk yang mungkin sesuai dengan kebutuhan pelanggan yang mencakup gabungan dari penelitian eksternal, proses pemecahan masalah secara kreatif.
- d. **Pemilihan konsep**  
Pemilihan konsep merupakan kegiatan dimana berbagai konsep dianalisis dan secara berturut-turut dieliminasi untuk mengidentifikasi konsep yang paling menjanjikan.
- e. **Pemodelan dan pembuatan *prototype***  
Setiap tahapan dalam proses pengembangan konsep melibatkan banyak bentuk model dan *prototype*.
- f. **Pengujian konsep**  
Satu atau lebih konsep diuji untuk mengetahui apakah kebutuhan pelanggan telah terpenuhi, memperkirakan potensi pasar dari produk dan mengidentifikasi beberapa kelemahan yang harus diperbaiki selama proses perkembangan selanjutnya.
- g. **Penentuan spesifikasi akhir**  
Spesifikasi yang telah ditentukan diawal proses ditinjau kembali setelah proses dipilih dan diuji.
- h. **Perencanaan proyek**  
Pada kegiatan akhir pengembangan konsep ini, tim membuat suatu jadwal pengembangan secara rinci, menentukan strategi untuk meminimasi waktu pengembangan dan mengidentifikasi sumber daya yang digunakan untuk menyelesaikan proyek.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.7 Tahap Proses Pengembangan Perancangan Konsep Produk  
(Sumber: (Widodo, 2005 dikutip oleh Giovani, 2011))