

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perancangan Produk

##### 2.1.1 Definisi Perancangan Produk

Perancangan produk merupakan sebuah langkah strategis untuk bisa menghasilkan produk – produk industri yang secara komersial harus mampu dicapai guna menghasilkan laju pengembalian modal (*rate of return on investment*). Disini diperlukan penyusunan konsep produk – baik produk baru maupun produk lama yang akan dimodifikasi menjadi sebuah produk baru dalam bentuk rancangan teknik (*engineering design*) dan juga rancangan industrial (*industrial design*) untuk memenuhi kebutuhan pasar (*demand pull*) atau dilatar-belakangi oleh adanya dorongan memanfaatkan inovasi teknologi (*market push*) (Wignjosoebroto, 2000).

##### 2.1.2 Karakteristik Perancangan

Menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan manusia adalah hal yang ingin dicapai dari proses perancangan. Salah satu caranya adalah dengan merancang, dengan berorientasi terhadap keinginan dan kebutuhan pelanggan. Keinginan setiap manusia tersebut dalam perancangan produk melalui penggambaran secara computer dan analisis teknik, yang dapat diproses secara teratur, penentuan waktu untuk mengkonsumsinya dan termasuk memasarkannya. Perancangan produk berarti sudah termasuk di dalamnya setiap aspek teknik dari produk, mulai dari pertukaran atau penggantian komponen dalam pembuatan, perakitan, finishing sampai operasi biasa untuk meningkatkan market placency yaitu mempertimbangkan seluruh harga-harga, deluruh kelengkapan dan target segmen pasar.

Tabel 2. 1 Perkembangan media komunikasi rancangan  
(Sumber : Ginting, 2010)

Keterangan	Ciri	Media Komunikasi
Masyarakat tradisional	Peraancangan dan pembuatan adalah orang yang sama	Pikira sendiri
Masyarakat Industri	Perancang dan pembuat adalah orang yang berbeda	Gambar teknik

Industri terotomatisasi	Pembuat produk adalah mesin	Program-program dalam kartu magnetik
-------------------------	-----------------------------	--------------------------------------

### 2.1.3 Tahapan Proses Perancangan Produk

Perancangan produk itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu perancangan kemudian disebut sebagai proses perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut. Kegiatan – kegiatan dalam proses perancangan dinamakan fase. Menurut Ginting (2015) proses perancangan terdiri dari fase – fase berikut :

1. Langkah Pra Perancangan Produk :
  - a. Penetapan asumsi perancangan
  - b. Orientasi produk meliputi :
    - a) Analisa kelayakan produk
    - b) Uraian kegiatan prancangan produk
    - c) Jaringan kerja perancangan produk
    - d) Perhitungan waktu dan mundur waktu kegiatan
    - e) Penentuan jalur kritis
    - f) Perhitungan waktu penyelesaian proyek
2. Langkah Perancangan Produk :
  - a. Fase Informasi
 

Fase ini bertujuan untuk memahami seluruh aspek yang berkaitan dengan produk yang hendak dikembangkan dengan cara mengumpulkan informasi – informasi yang dibutuhkan secara akurat.
  - b. Fase Kreatif
 

Fase ini bertujuan untuk menampilkan alternative yang dapat memenuhi fungsi yang dibutuhkan.
  - c. Fase Analisa
 

Fase ini bertujuan untuk menganalisa alternatif – alternative yng dihasilkan pada fase kreatif dan memberikan rekomendasi terhadap alternative – alternative terbaik.
  - d. Fase Pengembangan
 

Fase ini bertujuan memilih salah satu alternative tunggal dari beberapa alternative yang ada yang merupakan alternative terbaik dan merupakan output dari fase analisa.

e. Fase Presentasi

Fase ini bertujuan untuk mengomunikasikan secara baik dan menarik terhadap hasil pengembangan produk diinginkan untuk memenuhi kebutuhan pasar (*demand pull*) atau dilatar-belakangi oleh dorongan inovasi teknologi (*market push*).

### 2.1.4 Metode Perancangan Produk

Terdapat dua metode perancangan yaitu metode kreatif dan metode rasional yang dijelaskan oleh Ginting (2010) yaitu:

1. Metode Kreatif

Metode perancangan ini bertujuan untuk membantu menstimulasi pemikiran kreatif dengan cara meningkatkan produksi gagasan, menyisihkan hambatan mental terhadap kreativitas atau dengan cara memperluas area pencarian solusi.

2. Metode Rasional

Metode rasional menekankan pada pendekatan sistematis pada perancangan. Metode ini memiliki tujuan dalam memperluas ruang pencarian untuk memperoleh solusi – solusi yang potensial, dan mengupayakan kerja tim dan dalam hal pengambilan keputusan secara kelompok. Salah satu metode yang paling sederhana dari metode rasional adalah *checklist* (daftar periksa). *Checklist* dapat berupa suatu daftar pertanyaan yang akan dipertanyakan pada tahap awal perancangan, ataupun suatu daftar pertanyaan yang akan dipertanyakan pada tahap awal perancangan, ataupun suatu daftar kriteria dan standar yang harus dipenuhi oleh rancangan akhir.

## 2.2 Ergonomi

Ergonomi atau “*ergonomics*” sebenarnya dari kata Yunani yaitu *ergo* yang berarti hukum. Dengan demikian ergonomi dimaksud sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya. Disiplin ilmu secara khusus akan mempelajari keterbatasan dari kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buaatannya. Maksud dan tujuan disiplin dari disiplin ilmu ergonomi adalah mendapat suatu pengetahuan yang utuh tentang permasalahan-permasalahan interaksi manusia dengan teknologi dan produk-produknya, sehingga dimungkinkan adanya suatu rancangan system manusia-manusia (teknologi) yang optimal. Dengan demikian disiplin ergonomi melihat permasalahan –

permasalahan interaksi tersebut sebagai suatu sistem dengan pemecahan-pemecahan masalahnya melalui proses pendekatan sistem pula. (Wignjosoebroto, Sritomo 2006)

Menurut Tarwaka (2004) Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik.

Menurut Nurmianto (2005) ergonomi merupakan studi tentang aspek- aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain/perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah, dan tempat rekreasi.

Dari introduksi singkat yang telah diuraikan diatas maka dapat ditarik beberapa pokok-pokok kesimpulan mengenai disiplin ergonomi berdasarkan Wignjosoebroto (2016) yaitu:

1. Pendekatan ergonomi akan ditekankan pada penelitian kemampuan keterbatasan manusia baik secara fisik maupun mentas secara psikologis dan interaksinya dalam system manusia-mesin yang integral. Pada gilirannya rancangan yang ergonomis akan dapat meningkatkan efisiensi, efektifitas, dan produktifitas kerja, serta dapat menciptakan system serta lingkungan kerja yang cocok, aman, nyaman dan sehat.
2. Ergonomi didefinisikan sebagai "*a discipline concerned with designing man-made objects (equipments) so that people can use them effectively and savely and creating environments suitable for human living and work*". Dengan demikian jelas bahwa pendekatan ergonomi akan mampu menimbulkan *functional effectiveness* dan kenikmatan-kenikmatan pemakaian dari peralatan fasilitas maupun lingkungan kerja yang dirancang.
3. Maksud dan tujuan utama dari pendekatan disiplin ergonomi yaitu :
  - a. Upaya memperbaiki *performans* kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja.
  - b. Untuk mengurangi energi kerja yang berlebihan serta mengurangi datangnya kelelahan yang terlalu cepat.
  - c. Meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia (*human errors*).

4. Untuk ini analisis dan penelitian ergonomi akan meliputi hal-hal yang berkaitan dengan :
  - a. Anatomi (struktur), fisiologi (bekerjanya) dan anthropometri(ukuran) tubuh manusia.
  - b. Psikologi yang fisiologis mengenai berfungsinya otak dan sistem syaraf yang berperan dalam tingkah laku manusia.
  - c. Kondisi kondisi kerja yang dapat mencederai baik dalam waktu yang pendek maupun panjang ataupun membuat celaka manusia dan sebaliknya ialah kondisi kondisi kerja yang dapat membuat nyaman kerja manusia.

### 2.3 Anthropometri

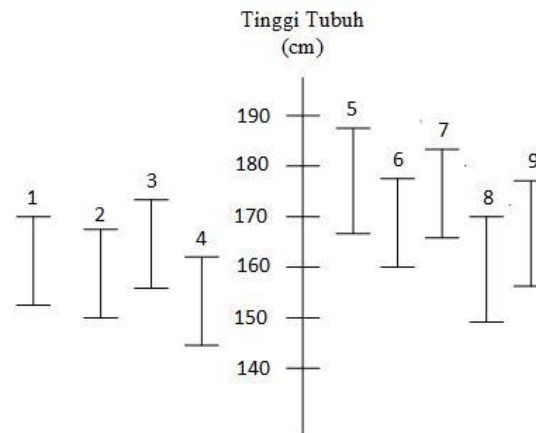
Menurut beberapa peneliti ada berbagai macam pengertian yaitu:

1. Menurut Wignjosoebroto (2006), anthropometri dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dan sebagainya) berat dan lain-lain yang berbeda satu dengan lainnya. Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam memerlukan interaksi manusia.
2. Menurut Nurmiyanto (2005), anthropometri berasal dari kata “*anthro*” yang memiliki arti manusia dan “*metri*” yang memiliki arti ukuran. Anthropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakter fisik tubuh manusia ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain.
3. Antropometri menurut Stevenson (1989) dan Nurmiyanto (1991) adalah suatu kumpulan data numeric yang berhubungan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk dan kekuatan, serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai *mean* (rata – rata) dan SD (standar deviasi) nya dari suatu distribusi normal.

#### 2.3.1 Cara Pengukuran Anthropometri

Terdapat beberapa faktor yang akan mempengaruhi ukuran tubuh manusia yaitu umur, jenis kelamin, suku / bangsa, dan posisi tubuh. Menurut Wignjosoebroto (2006) untuk mengukur posisi tubuh dikenal 2 cara pengukuran yaitu :

1. Pengukuran dimensi struktur tubuh (*structural body dimensions*). Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur berbagai posisi standart da tidak bergerak (tetap tegak sempurna) dan diambil dengan *percentile*.
2. Pengukuran dimensi fungsional tubuh (*functional body dimensions*). Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan.



Gambar 2.1 Perbedaan Tinggi Tubuh Manusia Dalam Posisi Berdiri Tegak Untuk Berbagai Suku Bangsa

(Sumber : Sanders Dan Mc. Corwick, *Human Factor In Engineering And Design*, New York: Mc. Graw Hill Book, 1987)

Keterangan pada gambar 2.1 :

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Amerika         | 6. Italia (militer)   |
| 2. Inggris         | 7. Perancis (militer) |
| 3. Iwedia          | 8. Jepang (militer)   |
| 4. Jepang          | 9. Turki (militer)    |
| 5. Amerika (pilot) |                       |

Menurut Sajiyo (2017) hasil pengukuran antropometri dapat dianalisa dengan menggunakan rumus – rumus sebagai berikut :

#### 1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data dapat dianalisa dengan menggunakan software SPSS melalui uji *Nonparametric Test* → *1 – Sample K – S*. data dikatakan berdistribusi normal apabila tingkat signifikansinya  $\geq 0,05$ . Tingkat signifikansi pada SPSS ditunjukkan pada hasil *Kolmogorov – Smirnov Z*.

## 2. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dapat dianalisa dengan menggunakan software SPSS melalui uji *Quality Control* → *Control Chart* yang akan menghasilkan Batas Kontrol Atas (BKA) atau *Upper Control Limit* (UCL) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) atau *Lower Control Limit* (LCL) dengan keterangan yaitu apabila data yang tersebar tidak melewati BKA dan BKB maka data tersebut dikatakan seragam.

## 3. Standar Deviasi menggunakan rumus 2.1 sebagai berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(Xi - x)^2}{N - 1}} \quad \text{rumus 2.1}$$

Keterangan rumus :

$\sigma$  = standar deviasi

$Xi$  = data ke – i dari suatu kelompok data

$N$  = banyaknya data

## 4. Simpangan menggunakan rumus 2.2 sebagai berikut :

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad \text{rumus 2.2}$$

Keterangan rumus :

$S$  = simpangan

$n$  = standar deviasi

$x_i$  = jumlah data

$\bar{x}$  = Rata-rata jumlah data

## 5. *Percentile*

*Percentile* menunjukkan besarnya tingkat kepercayaan yang dinyatakan dalam bentuk prosentase. Untuk menentukan besarnya *percentile* dari suatu data dapat dianalisa dengan menggunakan Rumus 2.3 sebagai berikut :

$$Pi = \frac{i x (N + 1)}{100} \quad \text{rumus 2.3}$$

Keterangan rumus :

$Pi$  = *Percentile* ke i

$N$  = Banyak data

6. Rata – Rata menggunakan rumus 2.4 sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N} \quad \text{rumus 2.4}$$

Keterangan rumus :

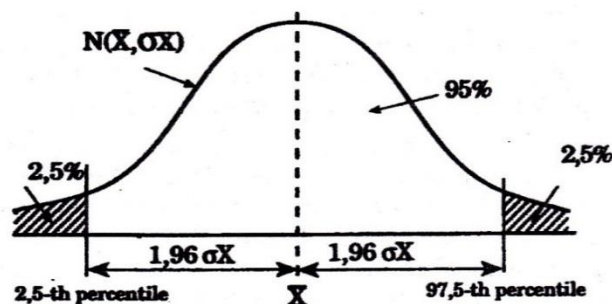
$\bar{X}$  = rata – rata

$\sum Xi$  = jumlah data ke – i

N = banyaknya data

### 2.3.2 Penggunaan Distribusi Normal

Distribusi normal ditandai dengan adanya nilai *mean* (rata – rata) dan SD (standar deviasi). Sedangkan *percentile* adalah suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya : 95% populasi adalah sama dengan atau lebih rendah dari 95 *percentile*; 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 *percentile*. Biasanya nilai percentile dapat ditentukan dari tabel probabilitas distribusi normal.



Gambar 2.2 Distribusi Normal

(Sumber : Nurmianto, 2005)

Pemakaian nilai-nilai percentile yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dapat dijelaskan dalam Tabel 2.2 seperti berikut:

Tabel 2.2 Perhitungan Percentile

(Sumber : Nurmianto, 2005)

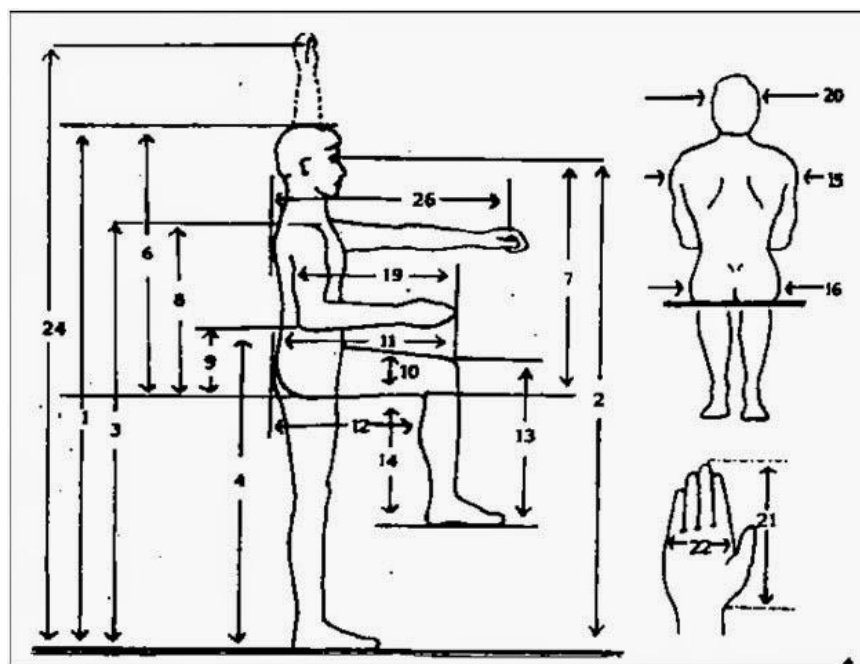
<i>Percentile</i>	<i>Perhitungan</i>
1 <sup>st</sup>	$\bar{X} - 2,325 \sigma_X$



2,5 <sup>th</sup>	$\bar{X} - 1,960 \sigma_x$
5 <sup>th</sup>	$\bar{X} - 1,645 \sigma_x$
10 <sup>th</sup>	$\bar{X} - 1,280 \sigma_x$
50 <sup>th</sup>	$\bar{X}$
90 <sup>th</sup>	$\bar{X} + 1,280 \sigma_x$
95 <sup>th</sup>	$\bar{X} + 1,645 \sigma_x$
97,5 <sup>th</sup>	$\bar{X} + 1,960 \sigma_x$
99 <sup>th</sup>	$\bar{X} + 2,325 \sigma_x$

Tabel di atas merupakan tabel kalkulasi perhitungan *percentile* adalah suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya : 95% populasi adalah sama dengan atau lebih rendah dari 95 *percentile*; 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 *percentile*. Biasanya nilai *percentile* dapat ditentukan dari tabel probabilitas distribusi normal (Nurmianto, 2005).

Selanjutnya untuk memperjelas masalah data antropometri untuk bisa diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja; maka gambar 2.3 akan memberikan informasi tentang berbagai macam anggota tubuh yang perlu diukur :



Gambar 2. 3 Data Anthropometri Yang Diperlukan Untuk Perancangan Produk/Fasilitas Kerja

(Wignjosoebroto, 2006)

Untuk keterangan penomoran gambar 2.3 di atas dapat dijelaskan pada tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2.3 Tabel keterangan pada gambar 2.3

(Sumber : Wignjosoebroto, 2006)

No	Keterangan
1	dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai s/d ujung kepala)
2	tinggi mata dalam posisi 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 maupun 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 dalam 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 ujung jari
22	lebar telapak tangan

23	lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar-lebar ke samping kiri-kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar)
24	tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus ke atas (vertikal)
25	tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak, diukur seperti halnya no 24 tetapi dalam posisi duduk (tidak ditunjukkan pada gambar)
26	jarak jangkauan tangan yang terjulur ke depan diukur dari bahu sampai ujung tangan

## 2.4 Gangguan Otot Manusia

### 2.4.1 Gambaran Umum

Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal (Grandjean, 1993; Lemasters, 1996). Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

1. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan.
2. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

### 2.4.2 Faktor Penyebab Terjadinya Keluhan Muskuloskeletal

1. Peregangan Otot yang Berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan (*over exertion*) pada umumnya sering dikeluhkan oleh pekerja di mana aktivitas kerjanya menuntut pengerahan tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena pengerahan tenaga yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot.

## 2. Aktivitas Berulang

Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkat-angkut dsb. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

## 3. Sikap Kerja Tidak Alamiah

Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat, dsb. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot skeletal. (*Grandjean, 1993; Anis & Mc Cnville, 1996; Waters & Anderson, 1996 & Manuaba, 2000*).

## 4. Faktor Penyebab Sekunder

### a. Tekanan

Terjadinya tekanan langsung pada jaringan otot yang lunak. Sebagai contoh, pada saat tangan harus memegang alat, maka jaringan otot tangan yang lunak akan menerima tekanan langsung dari pegangan alat, dan apabila hal ini sering terjadi, dapat menyebabkan rasa nyeri otot yang menetap.

### b. Getaran

Getaran dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini menyebabkan peredaran darah tidak lancar, penimbunan asam laktat meningkat dan akhirnya timbul rasa nyeri otot (*Suma'mur, 1982*).

### c. Mikroklimat

Paparan suhu dingin yang berlebihan dapat menurunkan kelincahan, kepekaan dan kekuatan pekerja sehingga gerakan pekerja menjadi lamban, sulit bergerak yang disertai dengan menurunnya kekuatan otot (*Astrand & Rodhl, 1977; Pulat, 1992; Wilson & Corlett, 1992*).

## 5. Penyebab Kombinasi

Resiko terjadinya keluhan otot skeletal akan semakin meningkat apabila dalam melakukan tugasnya, pekerja dihadapkan pada beberapa faktor resiko dalam waktu yang bersamaan, misalnya pekerja harus melakukan aktivitas angkat angkut di bawah tekanan panas matahari seperti yang dilakukan oleh para pekerja bangunan.

### 2.4.3 Pengukuran Gangguan Otot

Menurut Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016) pengukuran kelelahan diukur dengan menggunakan 2 cara yaitu :

#### 1. Subjektif.

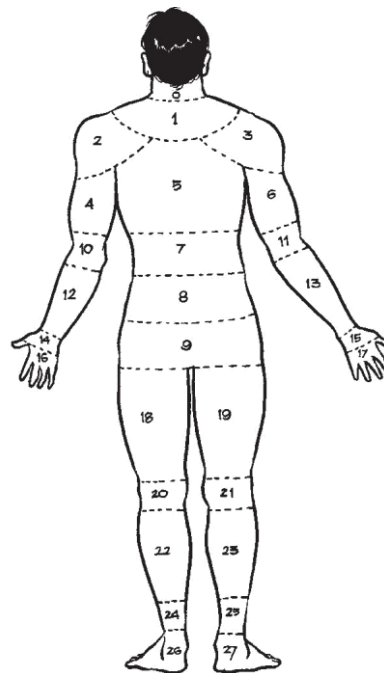
Pengukuran gangguan otot secara subjektif dapat dilakukan dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* yang berisi 27 item pertanyaan seperti yang ditunjukkan Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Kuesioner Data Nordic Body Map  
(Sumber : Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016))

Kuesioner <i>Nordic Body Map</i>					
Tipe Responden : .....			Nama Responden : .....		
Jenis Alat : <input type="checkbox"/> Baru / <input type="checkbox"/> Lama			Umur responden : .....		
No	Jenis Keluhan	TTT	ATT	TT	STT
1	Sakit/kaku di leher bagian bawah				
2	Sakit di bahu kiri				
3	Sakit di bahu kanan				
4	Sakit pada lengan atas kiri				
5	Sakit di punggung				
6	Sakit pada lengan atas kanan				
7	Sakit pada pinggang				
8	Sakit pada bokong				
9	Sakit pada pantat				
10	Sakit pada siku kiri				
11	Sakit pada siku kanan				
12	Sakit pada lengan bawah kiri				
13	Sakit pada lengan bawah kanan				
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri				
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan				
16	Sakit pada jari-jari tangan kiri				
17	Sakit pada jari-jari tangan kanan				
18	Sakit pada paha kiri				

19	Sakit pada paha kanan				
20	Sakit pada lutut kiri				
21	Sakit pada lutut kanan				
22	Sakit pada betis kiri				
23	Sakit pada betis kanan				
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri				
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan				
26	Sakit pada jari kaki kiri				
27	Sakit pada jari kaki kanan				
Keterangan: TTT (Tidak Terasa Terganggu) = 1 ATT (Agak Terasa Terganggu) = 2 TT (Terasa Terganggu) = 3 STT (Sangat Terasa Terganggu)= 4					

Gambar *Nordic Body Map* dapat dilihat di gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 *Nordic Body Map*

(Sumber: Corlett, 1992. *Static Muscle Loading and the Evaluation of Posture*)

Tabel di atas merupakan alat ukur gangguan otot secara subjektif. Dari Tabel 2.4 untuk dapat menghitung nilai skor dari kuesioner tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan rumus - rumus sebagai berikut :

a. Mencari total skor dapat menggunakan rumus 2.5 di bawah ini:

$$= (\sum X_i .1) + (\sum X_i .2) + (\sum X_i .3) + (\sum X_i .4) \quad \text{rumus 2.5}$$

b. Rata-rata skor yaitu menggunakan pada rumus 2.4

Dari hasil skor yang telah dirata – rata tersebut dapat ditarik kesimpulan berdasarkan range yang diuraikan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Range Gangguan Otot  
(Sumber : Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016))

<i>Range</i>	Tingkat Gangguan Otot
$\leq 1,5$	Tidak terasa terganggu
1,6 – 2,0	Agak terasa terganggu
2,1 – 3,0	Terasa sakit terganggu
$\geq 3,1$	Sangat sakit

Tabel di atas merupakan tabel yang menguraikan tentang *range* dan tingkat gangguan otot yang dirasakan.

## 2. Objektif

Menurut Sajiyo (2017) pengukuran gangguan otot secara obyektif dapat menggunakan pengukuran penyimpangan gerak (*motion study*) yang akan diuraikan dalam Tabel 2.6 dengan mengamati perilaku pekerja pada jam – jam tertentu di mana pekerja berada di puncak kelelahan.

Tabel 2.6 Kuesioner Motion Study

(Sumber : Sajiyo, 2017)

Tipe Responden : .....		Nama Responden : .....						
Jenis Alat : <input type="checkbox"/> Baru / <input type="checkbox"/> Lama		Hari / tanggal : .....						
Gerakan yang menyimpang	Waktu pengamatan							Jumlah
	5' ke-1	5' ke-2	5' ke-3	5' ke-4	5' ke-5	5' ke-6	5' ke-7	
Leher								
Punggung								
Lengan								
Kaki								

Tipe Responden : .....		Nama Responden : .....						
Jenis Alat : <input type="checkbox"/> Baru / <input type="checkbox"/> Lama		Hari / tanggal : .....						
Gerakan yang menyimpang	Waktu pengamatan							Jumlah
	5' ke-1	5' ke-2	5' ke-3	5' ke-4	5' ke-5	5' ke-6	5' ke-7	
Leher								
Punggung								
Lengan								
Kaki								



Tabel di atas merupakan alat ukur gangguan otot secara objektif. Dari Tabel 2.8 untuk dapat menghitung nilai skor dari kuesioner tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan rumus – rumus sebagai berikut :

a. Simpangan gerak

$$= \frac{\Sigma X}{\text{waktu pengamatan}} \quad \text{rumus 2.6}$$

b. Rata-rata yaitu menggunakan pada rumus (2.4)

Setelah dihitung dengan rumus di atas, selanjutnya dibandingkan apakah ada perbedaan antara data lama dan data baru.

## 2.5 Kelelahan

### 2.5.1 Pengertian Kelelahan

Menurut Tarwaka (2004) kelelahan adalah suatu mekanisme perlindungan tubuh supaya tubuh terhindar dari kerusakan lebih lanjut sehingga terjadi pemulihan setelah istirahat. Kelelahan diatur secara sentral oleh otak. Pada susunan syaraf pusat terdapat sistem aktivasi (bersifat simpatis) dan inhibisi (bersifat parasimpatis). Istilah kelelahan biasanya menunjukkan kondisi yang berbeda – beda dari setiap individu, tetapi semuanya bermuara kepada kehilangan efisiensi dan penurunan kapasitas kerja serta ketahanan tubuh.

Menurut Suma'mur (1989) kelelahan adalah keadaan yang disertai penurunan efisiensi dan ketahanan dalam bekerja. Kelelahan juga bisa diartikan sebagai menurunnya efisiensi, performansi kerja, dan berkurangnya kekuatan atau ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan kegiatan yang harus dilakukan.

### 2.5.2 Jenis Kelelahan

Menurut Grandjean (1993) kelelahan dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu :

1. Kelelahan Otot

Kelelahan otot merupakan tremor pada otot/ perasaan nyeri pada otot.

2. Kelelahan Umum

Kelelahan umum biasanya ditandai dengan berkurangnya kemauan untuk bekerja yang disebabkan oleh karena monotomi, intensitas dan lamanya kerja fisik, keadaan lingkungan, sebab – sebab mental, status kesehatan, dan keadaan gizi.

Menurut Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016) menyatakan bahwa kelelahan dibagi menjadi dua yaitu :

1. Kelelahan Fisiologis (kelelahan fisik atau kimiawi)

Kelelahan fisiologis adalah kelelahan yang timbul karena perubahan fisiologis atau hilangnya secara temporer kapasitas psiko – fisiologis yang disebabkan oleh perangsangan secara terus menerus.

2. Kelelahan Psikologis (kelelahan mental atau fungsional)

Kelelahan psikologis adalah merupakan kelelahan semu yang timbul dalam perasaan dan terlihat dalam tingkah lakunya, atau pendapat –pendapatnya yang tidak konsisten, serta terlihat labil.

Tabel 2.7 Gejala – Gejala Kelelahan

(Sumber : Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016))

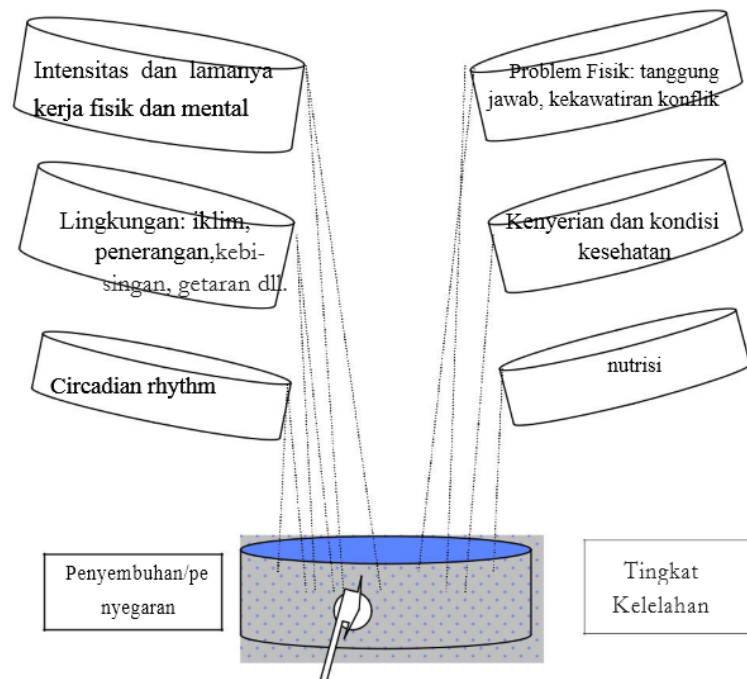
No	Kelelahan Fisiologis	Kelelahan Psikologis
1	Kepala terasa berat	Susah berfikir
2	Terasa lelah seluruh badan	Lelah berbicara
3	Kaki terasa berat	Menjadi gugup
4	Banyak menguap	Tidak dapat berkonsentrasi
5	Pikiran kacau	Tidak punya perhatian terhadap suasana
6	Mengantuk	Cenderung untuk lupa
7	Rasa berat pada mata	Kurang kepercayaan
8	Gerakan kaku/ canggung	Cemas terhadap suasana
9	Berdiri tidak seimbang	Tidak dapat mengontrol sifat
10	Ingin berbaring	Tidak dapat tekun bekerja, danlain-lain

Tabel di atas adalah tabel yang menguraikan gejala – gejala kelelahan baik kelelahan fisiologis (fisik) maupun kelelahan psikologis.

### 2.5.3 Faktor Penyebab Terjadinya Kelelahan Akibat Kerja

Grandjean (1991 ) menjelaskan bahwa faktor penyebab terjadinya kelelahan di industri sangat bervariasi, dan untuk memelihara/ mempertahankan kesehatan dan efisiensi, proses penyegaran harus dilakukan di luar tekanan (*cancel out the stress*). Penyegaran terjadi terutama selama waktu tidur malam, tetapi periode istirahat dan

waktu-waktu berhenti kerja juga dapat memberikan penyegaran. Faktor-faktor penyebab kelelahan digambarkan seperti pada gambar 2.5 :



Gambar 2.5 Teori Kombinasi Pengaruh Penyebab Kelelahan dan Penyegaran (*Recuperation*).

(Sumber: *Grandjean (1991:838). Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. ILO. Geneva.*)

#### 2.5.4 Langkah-Langkah Mengatasi Kelelahan

Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa kelelahan disebabkan oleh banyak faktor yang sangat kompleks dan saling mengkait antara factor yang satu dengan yang lain. Yang terpenting adalah bagaimana menangani setiap kelelahan yang muncul supaya tidak menjadi kronis. Supaya dapat menangani kelelahan dengan tepat, maka kita harus mengetahui apa yang menjadi penyebab terjadinya kelelahan. Berikut ini akan diuraikan secara skematis antara faktor penyebab terjadinya kelelahan, penyegaran dan cara menangani kelelahan supaya tidak menimbulkan resiko yang lebih parah seperti pada gambar 2.6 berikut ini :



Gambar 2.6 Penyebab Kelelahan, Cara Mengatasi dan Manajemen Resiko Kelelahan

(Sumber : Tarwaka, 2004)

### 2.5.5 Pengukuran Kelelahan

Menurut Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016) pengukuran kelelahan diukur dengan menggunakan 2 cara yaitu :

#### 1. Subjektif

Pengukuran kelelahan secara subjektif dapat dilakukan dengan menggunakan kuesioner kelelahan yang berisi 30 item pertanyaan seperti yang ditunjukkan Tabel 2.8 berikut ini :

Tabel 2.8 Kuesioner Kelelahan  
(Sumber : Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016))

KUESIONER KELELAHAN FISIKOLOGI					
Tipe Responden : .....		Umur Responden : .....			
Jenis Alat : <input type="checkbox"/> Baru / <input type="checkbox"/> Lama		Hari / tanggal : .....			
Nama Responden : .....					
<b>Keterangan:</b>					
1 = Tidak Terasa      2 = Agak Terasa      3 = Terasa      4 = Sangat Terasa					
No	Pertanyaan	1	2	3	4
1	Apakah saudara merasa berat dibagian kepala?				
2	Apakah saudara merasa lelah pada seluruh badan?				
3	Apakah kaki saudara terasa berat?				
4	Apakah saudara merasa sering menguap?				
5	Apakah pikiran saudara terasa kacau?				
6	Apakah saudara merasa mengantuk?				
7	Apakah saudara merasakan beban pada mata?				
8	Apakah saudara merasakan kakau/ canggung pada mata?				
9	Apakah saudara merasa sempoyongan ketika berdiri?				
10	Apakahada perasaan saudara ingin berbaring?				
11	Apakah saudara merasa susah berfikir?				
12	Apakah saudara merasa susah untuk berbicara?				
13	Apakah saudara merasa gugup?				
14	Apakah saudara merasa tidak bisa berkonsentrasi?				
15	Apakah saudara merasatidak bisa memusatkan perhatian?				
16	Apakah saudara merasa punya kecenderungan untuk lupa?				
17	Apakah saudara merasa kurang percaya diri?				
18	Apakah saudara merasa cemas terhadap sesuatu?				
19	Apakah saudara merasa tidak bisa mengontrol sikap?				
20	Apakah saudara merasa tidak dapat tekun dalam bekerja?				
21	Apakah saudara merasa sakit kepala?				
22	Apakah saudara merasa kaku dibagian bahu?				
23	Apakah saudara merasakan nyeri dipunggung?				

24	Apakah saudara terasa tertekan?				
25	Apakah saudara merasa haus?				
26	Apakah saudara terasa serak?				
27	Apakah saudara merasa pening?				
28	Apakah kelopak mata saudara terasa kejang/ kaku?				
29	Apakah anggota badan saudara terasa bergetar (tremor)?				
30	Apakah saudara merasa kurang sehat?				

Tabel di atas merupakan alat ukur tingkat kelelahan secara subjektif. Dari Tabel 2.11 untuk dapat menghitung nilai skor dari kuesioner tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan rumus – rumus sebagai berikut :

- a. Total skor menggunakan rumus 2.5
- b. Rata-rata yaitu menggunakan pada rumus 2.4

Dari hasil skor yang telah dirata – rata tersebut dapat ditarik kesimpulan berdasarkan range yang diuraikan dalam Tabel 2.9 berikut ini :

Tabel 2.9 Range Kelelahan  
(Sumber : Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016))

<i>Range</i>	Tingkat Kelelahan
$\leq 1,5$	Tidak lelah
1,6 – 2,0	Agak lelah
2,1 – 3,0	Lelah
$\geq 3,1$	Sangat lelah

Tabel di atas merupakan tabel yang menguraikan tentang *range* dan tingkat kelelahan yang dirasakan.

## 2. Objektif

Menurut Grandjean (1993) denyut nadi untuk mengestimasi indek beban kerja fisik terdiri dari beberapa jenis :

- a. Denyut nadi istirahat: adalah rerata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai.
- b. Denyut nadi kerja: adalah rerata denyut nadi selama bekerja.
- c. Nadi kerja: adalah selisih antara denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja.

Menurut Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016) pengukuran kelelahan secara obyektif dapat menggunakan pengukuran Peningkatan Denyut Nadi Kerja (PDNK). Pengukuran denyut jantung selama kerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Untuk menghitung denyut nadi dapat dicatat secara manual memakai *stopwatch* dengan metode 10 denyut. Pengukuran Peningkatan Denyut Nadi Kerja (PDNK) yang diekspresikan dalam bentuk persentase dan dihitung dengan rumus sebagai berikut: (Kilbon, 1992).

1. Denyut Nadi Istirahat (DNI) dihitung dengan metode palpasi 10 detik menggunakan Rumus 2.7 di bawah ini:

$$DNI = \sum D \times 60 \quad \text{rumus 2.7}$$

2. Denyut Nadi Kerja menggunakan metode palpasi 10 denyut menggunakan Rumus 2.8 berikut ini:

$$DNK = \frac{10}{WP} \times 60 \quad \text{rumus 2.8}$$

3. Peningkatan Denyut Nadi Kerja (PDNK) dihitung dengan Rumus 2.9 berikut ini:

$$PDNK = \frac{DNK - DNI}{Dmax - DNI} \times 100\% \quad \text{rumus 2.9}$$

4. Dari hasil pengukuran yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan berdasarkan range yang diuraikan dalam Tabel 2.11.

Tabel 2. 10 Range Peningkatan Denyut Nadi  
(Sumber : Sajiyo (2008) dalam Saputra (2016))

No	Peningkatan Denyut Nadi Kerja (%)	Tingkat Kelelahan
1	$\leq 30$	Tidak Lelah
2	$> 30 - 60$	Agak Lelah
3	$> 60 - 80$	Lelah
4	$> 80 - 100$	Sangat Lelah
5	$> 100$	Ekstrim Lelah

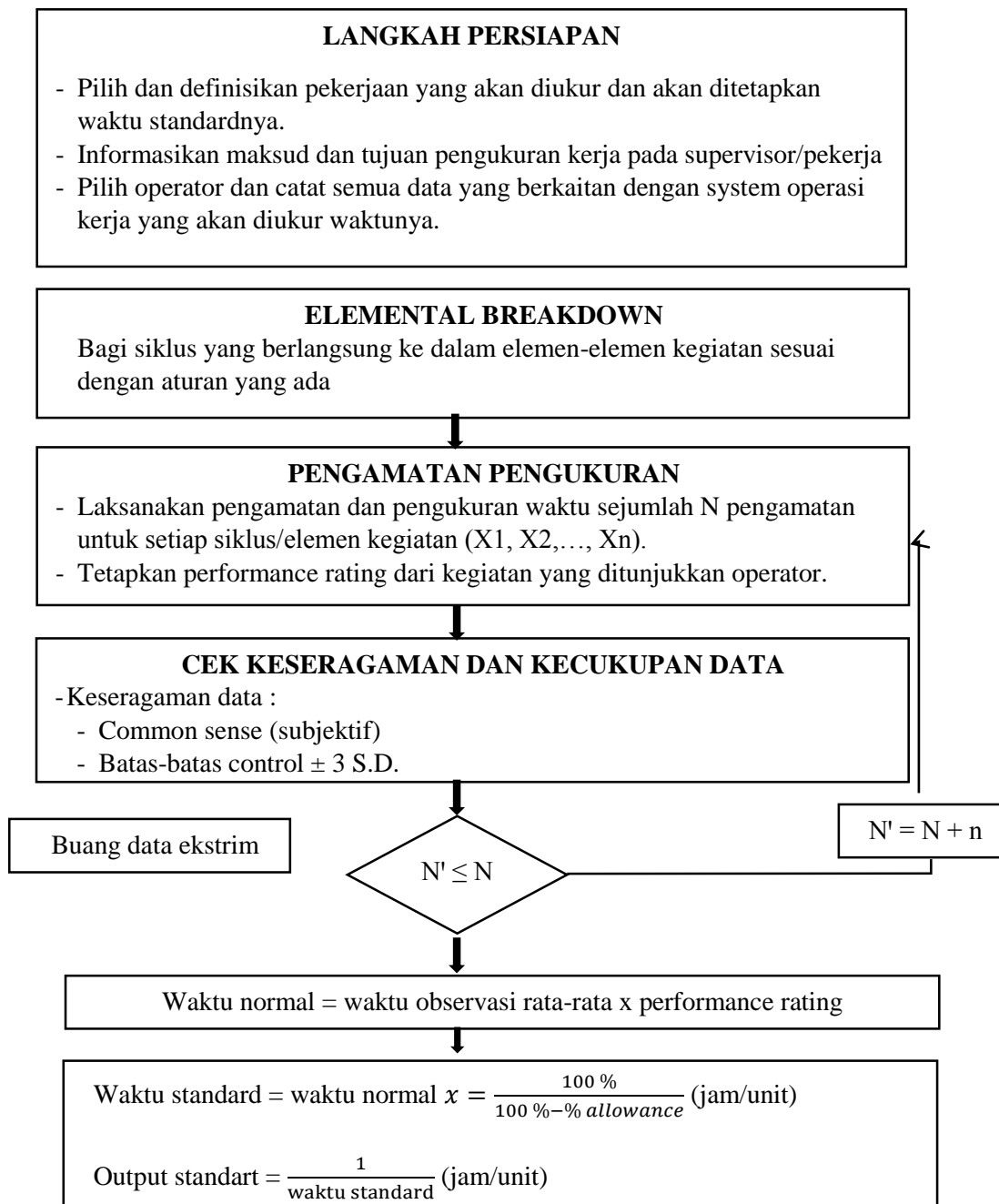
Tabel di atas merupakan tabel yang menguraikan tentang Peningkatan Denyut Nadi Kerja (PDNK) yang dinyatakan dalam satuan prosentase (%) dan tingkat kelelahan yang dirasakan.

## 2.6 Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu kerja terbagi menjadi 2 yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pada penelitian ini menggunakan pengukuran waktu kerja secara langsung.

### 2.6.1 Langkah – Langkah Pengukuran Waktu Kerja Dengan Jam Henti (*Stopwatch*)

Berikut ini adalah langkah pengukuran waktu kerja dengan jam henti yang sistematis ditunjukkan pada gambar 2.7 di bawah ini :



Gambar 2.7 Langkah-Langkah Sistematis Dalam Kegiatan Pengukuran Kerja Dalam Jam Henti (Stopwatch Time Study)  
(Wignjosoebroto, Sritomo 2006)



### 2.6.2 Cara Pengukuran Waktu Kerja

Menurut Wignjosoebroto (2006) ada tiga metoda yang umum yang digunakan untuk mengukur waktu elemen – elemen kerja dengan menggunakan jam henti (*stopwatch*) yaitu :

a. Pengukuran waktu secara terus menerus (*continuous timing*)

Pengukuran waktu secara terus menerus ini dilakukan dengan menyalakan *stopwatch* secara terus menerus tanpa dihentikan selama pengamatan elemen kerja.

b. Pengukuran waktu secara berulang – ulang (*repetitive timing*)

Pengukuran waktu secara berulang – ulang ini dilakukan dengan menyalakan *stopwatch* pada saat elemen kerja dimulai dan pada saat satu elemen kerja berhenti maka *stopwatch* juga harus berhenti lalu dikembalikan ke angka nol.

c. Pengukuran waktu secara akumulatif

Pengukuran waktu secara akumulatif ini dapat secara langsung berapa lama waktu elemen kerja berlangsung karena pada pengukuran dengan cara ini menggunakan lebih dari satu atau tiga *stopwatch*.

### 2.6.3 Penetapan Waktu Baku

Menurut Sajiyo (2017) untuk dapat menentukan waktu baku dapat dipermudah dengan penggunaan kuesioner waktu baku seperti Tabel 2.12 berikut ini :

Tabel 2.11 Pengukuran waktu kerja  
(Sumber : Sajiyo, 2017)

No	Kegiatan	Pengukuran waktu kerja petani ke- (detik)									Jumlah	$\bar{X}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	Mengatur output biji jagung											
2	Membuka tutup tempat biji jagung											
3	Memasukkan biji jagung											
4	Menutup tempat biji jagung											
5	Tancapkan dan tekan ke tanah											
Total waktu kerja												
Total waktu kerja (menit)												

Tabel di atas merupakan alat ukur dalam menetapkan waktu standar dengan menggunakan pengukuran waktu secara *repetitive* (berulang – ulang). Untuk dapat menentukan waktu standar dapat dihitung menggunakan rumus – rumus sebagai berikut :

a. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data dapat dianalisa dengan menggunakan software SPSS melalui uji *Nonparametric Test* → *1 – Sample K – S*. data dikatakan berdistribusi normal apabila tingkat signifikansinya  $\geq 0,05$ . Tingkat signifikansi pada SPSS ditunjukkan pada hasil *Kolmogorov – Smirnov Z*.

b. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dapat dianalisa dengan menggunakan software SPSS melalui uji *Quality Control* → *Control Chart* yang akan menghasilkan Batas Kontrol Atas (BKA) atau *Upper Control Limit* (UCL) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) atau *Lower Control Limit* (LCL) dengan keterangan yaitu apabila data yang tersebar tidak melewati BKA dan BKB maka data tersebut dikatakan seragam.

c. Waktu rata-rata menggunakan pada rumus 2.4

d. *Performance Rating factor*

Wignjosoebroto (2006) menjelaskan bahwa *rating performance* secara umum didefinisikan sebagai proses selama waktu analisis studi membandingkan kinerja (kecepatan atau tempo) dari operator di bawah pengamatan dengan konsep pengamat sendiri kinerja normal. *Westing House System Rating* memperkenalkan sistem untuk menentukan *rating performance* dengan memperhatikan faktor *skill* (kecakapan), *effort* (usaha), *consistency* (keajegan), dan *condition* (kondisi kerja) yang akan diuraikan dalam Tabel 2.13 di bawah ini :

Tabel 2.12 Performance Rating dengan Westing House System

(Sumber : Wignjosoebroto, 2006)

SKILL			EFFORT		
+ 0,15	A1	Superskill	+ 0,13	A1	Superskill
+ 0,13	A2		+ 0,12	A2	
+ 0,11	B1	Excellent	+ 0,10	B1	Excellent

+ 0,08	B2		+ 0,08	B2	
+ 0,06	C1	Good	+ 0,05	C1	Good
+ 0,03	C2		+ 0,02	C2	
0,00	D	Average	0,00	D	Average
- 0,05	E1	Fair	- 0,04	E1	Fair
- 0,10	E2		- 0,08	E2	
- 0,16	F1	Poor	- 0,12	F1	Poor
- 0,22	F2		- 0,17	F2	
CONDITION			CONSISTENCY		
+ 0,06	A	Ideal	+ 0,04	A	Ideal
+ 0,04	B	Excellent	+ 0,03	B	Excellent
+ 0,02	C	Good	+ 0,01	C	Good
0,00	D	Average	0,00	D	Average
- 0,03	E	Fair	- 0,02	E	Fair
- 0,07	F	Poor	- 0,04	F	Poor

Menurut Sajiyo (2017) *performance rating* dapat ditentukan oleh tiga pihak yaitu pengamat (*time study analyst*), supervisor atau atasan dari suatu perusahaan yang diamati pekerjaannya, dan pekerja yang diamati itu sendiri. kemudian diambil rata-rata dari ketiga skor yang diberikan oleh pengamat atau peneliti, supervisor, dan pekerja kepada pekerja itu sendiri.

- e. Waktu Normal dihitung dengan rumus 2.10 sebagai berikut :

$$\text{Waktu Normal} = \text{Waktu Pengamatan} \times \frac{\text{Rating Factor}\%}{100\%} \quad \text{rumus 2.10}$$

- f. Allowance

Wignjosoebroto (2006) menjelaskan bahwa *allowance* diklasifikasikan menjadi *personal allowance*, *fatigue allowance*, dan *delay allowance*. Menurut Sajiyo (2017) besarnya allowance dapat dihitung ketika melakukan pengamatan, berapa lama pekerja tersebut melakukan pemberhentian pekerjaan yang disebabkan oleh ketiga kelonggaran di atas. Lalu dari waktu total yang digunakan untuk melakukan pemberhentian kerja akibat ketiga kelonggaran di atas, dikonfersikan ke dalam bentuk prosentase dengan Rumus 2.11 sebagai berikut:

$$\frac{\text{Total Waktu Allowance}}{\text{Jam Kerja} - \text{Waktu Istirahat}} \times 100\% \quad \text{rumus 2.11}$$

g. Waktu Standar (Waktu Baku)

Wignjosoebroto (2006) menjelaskan bahwa dalam menetapkan waktu baku suatu pekerjaan dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.12 sebagai berikut :

$$\text{Standard Time} = \text{Normal Time} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ Allowance}} \quad \text{rumus 2.12}$$

h. Output standart

$$OS = \frac{1}{ws} \quad \text{rumus 2.13}$$