

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini menggunakan beberapa referensi penelitian terdahulu, bersumber dari beberapa jurnal ilmiah yang membahas topik serupa

<b>No.</b>	<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
------------	----------------------	-------------------------	-------------------------

1.	Christofora Desi Kusmindari, Rina Oktaviana, Erna Yuliwati	Aplikasi <i>Nordic Body Map</i> Untuk Mengurangi Muskuloskeletal Disorder Pada Pengrajin Soket	Songket adalah suatu buah karya yang memiliki citarasa seni yang tinggi. Dalam proses pengerjaannya, songket harus dilakukan dengan cermat. Permasalahan yang timbul saat ini adalah belum ergonomisnya alat utama yang di sebut dayan. Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana mendesain dayan yang ergonomis untuk mengurangi musculoskeletal disorder pada pengrajin songket dengan menggunakan aplikasi nordic body map. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Identifikasi Musculoskeletal Disorder yang dialami pengrajin selama menggunakan dayan dengan Nordic Body Ma 2) Menghitung antropometri
----	---	---	--

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Djodi Erlangga	Usulan perancangan kabin masinis KRL Commuter Line yang ergonomis menggunakan model virtual environment.	Desain aktual dan desain usulan memiliki grand score yaitu 4 dan 3 artinya kedua desain sama sama memiliki resiko di kategori sedang, namun pada rancangan kabin usulan sudah dilakukan perbaikan dengan menyesuaikan ukuran tubuh masinis.
3.	Ahmad Atoillah	Analisis Stasiun kerja pemotongan tahu dan rancang bangun alat potong tahu dengan virtual environment pada industri kecil tahu	<p>1. Dari hasil simulasi virtual environment terhadap pekerja dan stasiun kerja di proses pemotongan tahu, didapatkan skor PEI kondisi aktual meja pemotongan tahu adalah sebesar 2,042.</p> <p>2. Walaupun mendapat skor PEI yang paling optimal dari perubahan konfigurasi tinggi meja, skor RULA masih diangka 5 (perlu dilakukan perbaikan segera). Kemudian dibuat rancangan alat potong tahu dalam bentuk prototipe digital yang disimulasikan dalam virtual environment dan menghasilkan skor PEI sebesar 1697, dengan skor RULA = 4. Skor PEI ini merupakan penurunan skor yang cukup signifikan dibandingkan skor pei aktual sebesar 2042. Dengan penurunan ini diharapkan tidak terjadi lagi resiko cedera muscoloskeletal disorder.</p>

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Ergonomi

“Ergonomi dapat didefinisikan sebagai suatu disiplin yang mengkaji keterbatasan, kelebihan, karakteristik manusia, dan memanfaatkan informasi tersebut dalam merancang produk, mesin fasilitas, lingkungan dan bahkan sistem kerja, dengan tujuan tercapainya kualitas kerja yang terbaik tanpa mengabaikan aspek kesehatan, keselamatan, serta kenyamanan manusia penggunaannya” (Hardianto, 2014). Mengacu pada definisi ini, dapat dikatakan bahwa manusia memerlukan ilmu ergonomi. Beberapa definisi serta pengertian mengenai ergonomi dapat dilihat dari poin-poin berikut ini:

- *“Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies the theory, other principles, data and method to design in order to optimize human well-being and overall system performance”*(International Ergonomics Association).
- B.W. Jastrzebowski , seorang ilmuwan Polandia , pada 1857 memelopori penggunaan kata ergonomi, yang dalam bahasa Yunani *ergos* berarti “kerja” sedangkan *nomos* adalah “kajian (atas)” atau “hukum-hukum” (Karwowski , 2008; Konz dan Johnson, 200). Pada akhir 1949 , K.F.H. Murrel memperkenalkan kata *ergonomics* , yang kemudian menjadi populer sebagai suatu disiplin.
- “Ergonomi merupakan kajian interaksi antara manusia dan mesin, serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan” (Bridger, 2009).

Dengan demikian, pada dasarnya ergonomi adalah ilmu yang mempelajari berbagai aspek dan karakteristik manusia (kemampuan, kelebihan, keterbatasan, dan lain-lain) yang relevan dalam konteks kerja, serta memanfaatkan informasi yang diperoleh dalam upaya merancang produk, mesin, alat, lingkungan, serta sistem kerja yang terbaik.

### **Bidang-Bidang Kajian Ergonomi**

Cikal bakal ergonomi adalah pemanfaatan dari sejumlah ilmu dasar yang mempelajari manusia, seperti anatomi, fisiologi, kedokteran, ortopedi, psikologi serta sosiologi. Ergonomi kemudian tumbuh dan berubah dengan pesat. Selain itu, ergonomi dalam konteks perancangan banyak memanfaatkan ilmu-ilmu rekayasa, berikut adalah sebagian dari berbagai sub-disiplin ergonomi (Sutalaksana, 2006) :

- Antropometri, yaitu bidang yang mengkaji dimensi fisik tubuh manusia termasuk usia, tinggi berdiri, bobot, panjang jangkauan lengan, tinggi duduk, dan lain sebagainya. Data antropometri banyak dimanfaatkan dalam perancangan produk, peralatan, serta tempat kerja.
- Biomekanika kerja, yaitu suatu bidang yang memfokuskan pada proses mekanika (gaya, momen, kecepatan, percepatan, serta tekanan) yang terjadi pada tubuh manusia, terkait dengan aktivitas fisik yang dilakukan pekerja.
- Fisiologi kerja, yaitu bidang ergonomi yang mengkaji respon fungsi-fungsi tubuh (misalnya sistem kardiovaskular), yang terjadi saat bekerja. Aplikasinya dapat berupa penentuan besar beban kerja (energi yang dikeluarkan) bila dibandingkan dengan kemampuan metabolisme pekerja (misalnya kapasitas aerobik maksimal),

serta penentuan jadwal kerja istirahat optimal yang meminimalkan *stress* dan kelelahan.

- *Human Information processing* dan ergonomi kognitif, yaitu bidang ergonomi yang mempelajari bagaimana manusia memproses informasi dari lingkungannya, dimulai dari tahap mengindra adanya stimulus dan mepersepsikannya, sampai dengan mengambil keputusan dan melakukan tindakan yang diperlukan
- *Human-computer interaction* (HCI), yaitu bidang ergonomi yang mengkaji dan merancang interaksi antara pengguna dan sistem computer, dengan kinerja sistem operasi, serta meningkatkan kepuasan pengguna.
- *Displays* dan *controls*, yaitu bidang ergonomi yang memiliki fokus berupa kajian atas rancangan display maupun kontrol yang cocok dengan karakteristik penggunaannya.
- Lingkungan kerja, yaitu bidang yang mencoba memahami respon manusia terhadap lingkungan fisik kerja, termasuk kebisingan, temperature, pencahayaan, getaran, dan sebagainya.
- Ergonomi makro, berangkat dari konsep sosio-teknologi, bidang ini merupakan suatu pendekatan sistem dalam mengkaji kesesuaian antara individu, organisasi, teknologi, serta proses interaksi yang terjadi.

### 2.2.2 Musculoskeletal Disorder (MSDs)

*Musculoskeletal disorders* merupakan sekumpulan gejala yang berkaitan dengan jaringan otot, tendon, ligamen, kartilago, sistem saraf, struktur tulang, dan pembuluh darah. MSDs pada awalnya menyebabkan rasa sakit, nyeri, mati rasa, kesemutan, bengkak, kekakuan, gemetar, gangguan tidur, dan rasa terbakar (Sutalaksana, 2006) yang pada akhirnya

menyebabkan ketidakmampuan seseorang untuk melakukan pergerakan dan koordinasi gerakan anggota tubuh atau ekstremitas sehingga dapat mengakibatkan efisiensi kerja berkurang dan produktivitas menurun. Pekerjaan-pekerjaan dan sikap kerja statis yang berpotensi mempercepat timbulnya kelelahan dan nyeri pada otot-otot yang terlibat, jika berlangsung tiap hari dan dalam waktu yang lama dapat menimbulkan sakit permanen dan kerusakan pada otot, sendi, tendon, ligamen, dan jaringan-jaringan lain.

### **Faktor Penyebab MSDs**

Menurut (Macleod, 1999), faktor penyebab *Musculoskeletal Disorders* antara lain:

1. Peregangan Otot yang Berlebihan (*overexertion*)

Peregangan otot yang berlebihan pada umumnya dikeluhkan oleh pekerja dimana aktivitas kerjanya menuntut pengerahan yang besar, seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik, menahan beban yang berat.

2. Aktivitas berulang

Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus. Seperti mencangkul, membelah kayu, angkat-angkut.

3. Sikap kerja tidak alamiah

Sikap kerja tidak ilmiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi ilmiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk.

4. Faktor penyebab sekunder

Getaran dengan frekuensi yang tinggi menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini menyebabkan peredaran darah tidak lancar,

penimbunan asam laktat meningkat dan akhirnya timbul rasa nyeri otot.

5. Penyebab kombinasi

Faktor penyebabnya diantara lain adalah umur, jenis kelamin, kebiasaan merokok, kesegaran jasmani, kekuatan fisik, dan ukuran tubuh (antropometri).

### Gejala Keluhan MSDs

Keluhan MSDs ditandai dengan beberapa gejala sebagai berikut (Macleod, 1999):

- a. Sakit, nyeri dan rasa tidak nyaman
- b. Mati rasa
- c. Rasa lemas atau kehilangan daya dan koordinasi lengan
- d. Rasa panas
- e. Rasa sukar bergerak
- f. Rasa kaku dan retak pada sendi
- g. Kemerahan, bengkak, dan panas
- h. Rasa sakit yang membuat terjaga pada malam hari dan rasa untuk memijit tangan, pergelangan dan tangan.

Gejala yang dirasakan oleh tiap individu jika menderita gangguan otot rangka atau musculoskeletal tidak sama, meskipun pekerjaan atau aktivitas yang dilakukan hampir sama. Gejala tersebut adalah adanya rasa sakit, nyeri, atau tidak nyaman, pegal-pegal, gerakan menjadi lemah dan kaku, adanya rasa terbakar, pergerakan menjadi terbatas, kaku pada persendian, kemerahan, bengkak dan hangat pada daerah tersebut (Macleod,1999).

Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- a. Keluhan Sementara (*reversible*) , yaitu keluhanrotot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian



keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan, dan,

- b. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap, walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

### **Tahapan Keluhan MSDs**

Gejala yang menunjukkan tingkat keparahan MSDs dapat dilihat dari tingkatan sebagai berikut :

- a. Tingkat pertama

Timbulnya rasa nyeri, pegal-pegal dan kelelahan selama jam kerja tetapi gejala ini biasanya menghilang setelah waktu kerja (dalam satu malam). Tidak berpengaruh pada kapasitas kerja. Efek ini dapat menghilang atau pulih setelah istirahat.

- b. Tingkat kedua

Gejala ini tetap ada setelah melewati waktu beristirahat satu malam setelah bekerja. Pada tahap ini terkadang menyebabkan berkurangnya kapasitas kerja.

- c. Tingkat ketiga

Rasa nyeri tetap ada walaupun telah istirahat yang cukup, nyeri ketika melakukan pekerjaan yang berulang, tidur menjadi terganggu, kesulitan menjalankan pekerjaan yang akhirnya mengakibatkan terjadinya inkapasitas.

### **2.2.3 Antropometri**

*Anthropometri* berasal dari kata “anthro” yang berarti manusia dan “metri” yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri secara luas akan diaplikasikan dalam hal seperti perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dll); perancangan peralatan kerja seperti mesin,

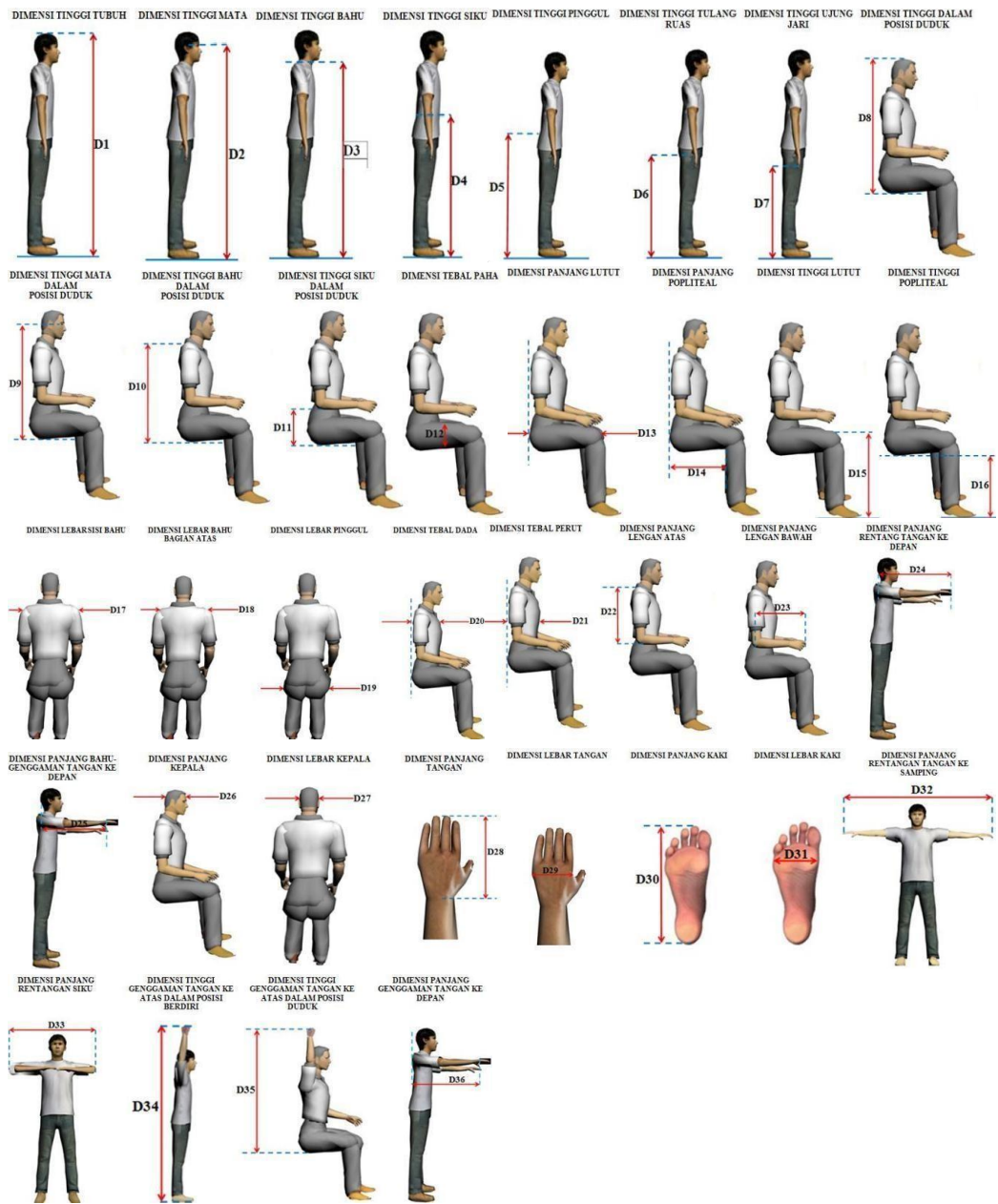
*equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya; perancangan produk-

produk onsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dll; perancangan lingkungan kerja fisik (Wignjosoebroto, 2006).

Dari uraian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa data antropometri dapat digunakan untuk menentukan bentuk, ukuran serta dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang untuk digunakan atau dioperasikan oleh manusia.

### **Dimensi Antropometri**

Menurut Wignjosoebroto (2006), dimensi antropometri digunakan untuk memperjelas mengenai data antropometri yang bisa diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja. Berikut ini merupakan 36 dimensi tubuh manusia yang perlu diukur untuk memberikan informasi dalam melakukan perancangan produk atau fasilitas kerja.



Gambar 2.1 Dimensi antropometri tubuh manusia

Sumber: antropometri Indonesia (2018)

Keterangan dari 36 dimensi antropometri tubuh manusia berdasarkan antropometri Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Dimensi antropometri tubuh manusia**

Dimensi	Nama Dimensi	Definisi
D23	Panjang lengan bawah	Jarak horizontal dari lengan bawah diukur dari bagian belakang siku kanan ke bagian ujung dari jari tengah.
D24	Panjang rentang tangan kedepan	Jarak dari bagian atas bahu kanan ( <i>acromion</i> ) ke ujung jari tengah tangan kanan dengan siku dan pergelangan tangan kanan lurus.
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke Depan	Jarak dari bagian atas bahu kanan ( <i>acromion</i> ) ke pusat batang silinder yang digenggam oleh tangan kanan, dengan siku dan pergelangan tangan lurus.
D26	Panjang kepala	Jarak horizontal dari bagian paling depan dahi (bagian tengah antara dua alis) ke bagian tengah kepala.
D27	Lebar kepala	Jarak horizontal dari sisi kepala bagian kiri ke sisi kepala bagian kanan, tepat di atas telinga.
D28	Panjang tangan	Jarak dari lipatan pergelangan tangan ke ujung jari tengah tangan kanan dengan posisi tangan dan seluruh jari lurus dan terbuka.
D29	Lebar tangan	Jarak antara kedua sisi luar empat buku jari tangan kanan yang diposisikan lurus dan rapat.

Sumber: antropometri Indonesia (2018)

### **Faktor Pembeda Populasi Antropometri**

Terdapat perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain adalah dikarenakan oleh faktor-faktor sebagai berikut (Nurmianto, 2003):

#### 1. Keacakan / random

Walaupun telah terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku/bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, masih akan ada perbedaan yang cukup signifikan antara berbagai macam masyarakat. Distribusi frekuensi secara statistik dari dimensi kelompok anggota masyarakat jelas dapat diaproksimasikan dengan menggunakan diagram normal, yaitu dengan menggunakan data percentil yang telah diduga, jika mean

(rata-rata) dan SD (standar deviasi) nya telah dapat diestimasi.

## 2. Jenis kelamin

Secara distribusi statistik ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan yang signifikan diantara mean (rata-rata) dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan begitu saja. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita. Oleh karena itu, data antropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

## 3. Suku bangsa (Ethnic Variability)

Variasi diantara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya terutama karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara yang lain. Suatu contoh sederhana bahwa yaitu dengan meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari negara Vietnam ke Australia, untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja (industrial workforce), maka akan mempengaruhi antropometri secara nasional.

## 4. Usia

Usia Digolongkan atas beberapa kelompok usia yaitu :

- a. Balita
- b. Anak-anak
- c. Remaja
- d. Dewasa
- e. dan Lanjut usi

Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk antropometri anak - anak. Antropometrinya akan cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak usia dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan untuk menurun yang antara lain disebabkan oleh berkurangnya elastisitas tulang belakang (intervertebral discs). Selain itu juga berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

## 5. Jenis Pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawan / stafnya. Seperti misalnya: buruh dermaga/pelabuhan adalah harus mempunyai postur tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

## 6. Pakaian

Hal ini juga merupakan sumber variabilitas yang disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari satu tempat ke tempat yang lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakan pakaian relatif lebih tebal untuk ukuran yang relatif lebih besar. Ataupun untuk para pekerja dipertambangan, pengeboran lepas pantai, pengecoran logam. Bahkan para penerbang dan astronot pun harus memiliki pakaian khusus.

## 7. Faktor Kehamilan pada Wanita

Faktor ini sudah jelas akan mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan analisis perancangan produk (APP) dan analisis perancangan kerja (APK).

## 8. Cacat Tubuh Secara Fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir, yaitu dengan diberikannya skala prioritas pada rancang bangun fasilitas akomodasi pada penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam menggunakan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya: keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (knee space) untuk desain meja kerja, lorong/jalur khusus untuk kursi roda, ruang



khusus di dalam lavatory, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, super market, dll.

### **Aplikasi Distribusi Normal dalam Penetapan Data Antropometri**

Data antropometri digunakan agar rancangan produk atau fasilitas kerja dapat sesuai dengan orang yang akan mengoperasikannya. Pengukuran dimensi produk tidak akan sulit ditetapkan jika produk tersebut hanya digunakan oleh satu orang. Akan tetapi akan menjadi lebih kompleks jika produk yang dirancang harus dapat dioperasikan oleh beberapa orang (Wignjosoebroto, 2006). Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan distribusi normal mampu diterapkan sebagai penetapan data antropometri. Pada statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata (mean) dan standart deviasi dari data yang ada. Oleh karena itu, dari nilai yang ada dapat ditetapkan persentil yang disesuaikan dengan tabel probabilitas distribusi normal. Persentil disini adalah suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Contohnya adalah 95-th *percentile* menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran tersebut. dalam antropometri, angka 95-th *percentile* menunjukkan ukuran manusia yang terbesar dan 5-th *percentile* akan menunjukkan ukuran terkecil. Berikut merupakan macam-macam persentil serta proses perhitungannya dalam distribusi normal.



Gambar 2.2 Tahap pengolahan antropometri  
 Sumber: Wignjosoebroto (2006)

### **Prinsip-Prinsip Penerapan Data Antropometri dalam Perancangan Produk**

Menurut Wignjosoebroto (2006) dalam melakukan perancangan produk, ada beberapa prinsip-prinsip yang bisa diambil agar perancangan produk atau fasilitas kerja dapat sesuai dengan dimensi tubuh dari manusia. Berikut merupakan prinsip-prinsip dalam penerapan data antropometri.

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim

Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim digunakan dengan tujuan agar produk yang dirancang dapat digunakan oleh inividu yang memiliki ukuran tubuh yang termasuk dalam kategori ekstrim (dalam hal ini bisa terlalu besar atau terlalu kecil). Sehingga dalam perancangan produk pada prinsip ini produk yang dirancang ukurannya disesuaikan dengan ukuran ekstrim. Sehingga produk bisa digunakan baik oleh individu

dengan ukuran tubuh yang ekstrim ataupun individu dengan ukuran tubuh yang lain. Secara umum, dalam perancangan produk untuk dimensi maksimum biasanya ditetapkan persentil 5-th dan untuk dimensi minimum digunakan persentil 95-th dari distribusi data antropometri yang ada. Contohnya adalah untuk menetapkan tinggi pintu darurat yang minimum maka digunakan persentil 95-th.

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

Prinsip perancangan ini diterapkan dengan merancang produk yang ukurannya bisa diubah-ubah sehingga produk yang dirancang dengan prinsip ini merupakan produk yang fleksibel untuk digunakan oleh semua orang. Untuk mendapatkan rancangan produk yang fleksibel, maka data antropometri yang umum digunakan adalah dalam rentang nilai persentil 5-th sampai 95-th.

3. Prinsip perancangan produk untuk ukuran rata-rata

Perancangan produk ini didasarkan pada rata-rata ukuran tubuh dari manusia. Produk yang dirancang dengan prinsip ini biasanya digunakan untuk mereka yang berukuran sekitar rata-rata, sedangkan bagi mereka yang memiliki ukuran ekstrim akan dibuat rancangannya tersendiri.

## 2.3 Metode Penelitian

Untuk melakukan analisa ergonomi dan perbaikan lingkungan kerja dalam permasalahan faktor resiko pekerjaan, terdapat beberapa cara yaitu observasi kejanggalan posisi tubuh, meneliti kelelahan otot, dsb. Berikut adalah metode yang digunakan:

### 1. *OWAS (Ovako Working Analysis System)*

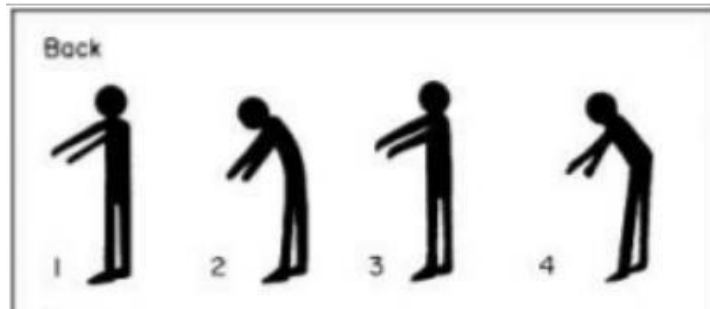
Metode OWAS merupakan suatu metode yang digunakan untuk menilai postur tubuh pada saat bekerja, seperti halnya metode RULA dan REBA. Metode ini merupakan suatu metode sederhana dan dapat digunakan untuk menganalisa suatu pembebanan pada postur tubuh. Penerapan dari metode

ini dapat memberikan suatu hasil yang baik , yang dapat meningkatkan kenyamanan kerja , sebagai peningkatan kualitas produksi, setelah dilakukannya perbaikan sikap kerja.

Aplikasi metode OWAS didasarkan pada hasil pengamatan dari berbagai posisi yang diambil pada pekerja selama melakukan pekerjaannya , dan digunakan untuk mengidentifikasi sampai dengan 252 posisi yang berbeda , sebagai hasil dari kemungkinan kombinasi postur tubuh bagian belakang (4 posisi) , lengan (3 posisi) , kaki (7 posisi) , dan pembebanan (3 interval) .

Metode OWAS dibedakan kedalam empat(4) tingkat atau kategori risiko . Tingkat atau kategori resiko tersebut secara berurutan adalah nilai 1 dengan resiko terendah dan nilai 4 dengan resiko tertinggi . Untuk setiap kategori resiko yang diperoleh akan digunakan untuk melakukan rekomendasi suatu perbaikan . Berikut ini adalah sikap bagian tubuh yang diamati untuk dianalisa dan dievaluasi.

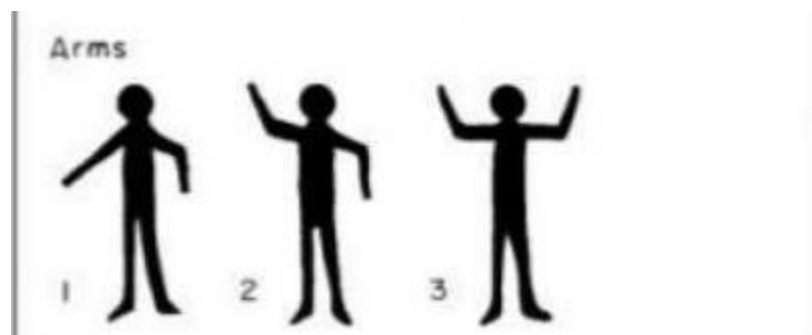
- a. Sikap punggung, terdiri dari :
  1. Lurus
  2. Membungkuk
  3. Memutar atau miring kesamping
  4. Membungkuk dan memutar atau membungkuk ke depan dan ke samping



Gambar 2.3 Sikap Punggung OWAS

b. Sikap lengan, terdiri dari :

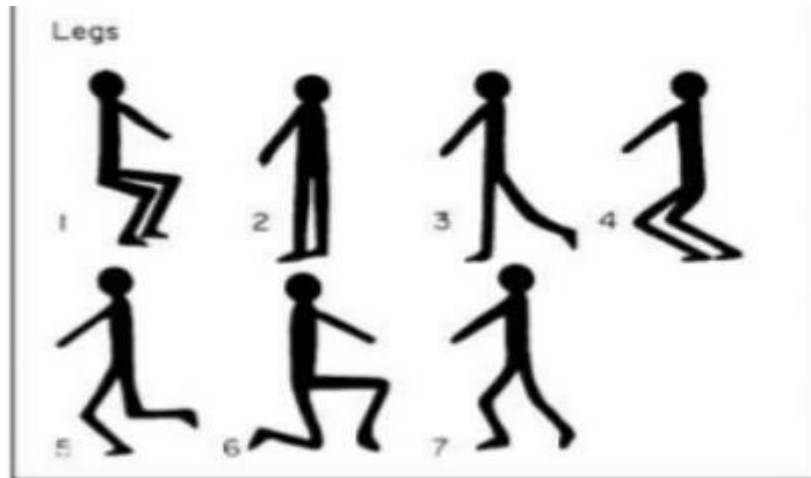
1. Kedua lengan berada dibawah bahu
2. Satu lengan berada pada atau diatas bahu
3. Kedua lengan pada atau diatas bahu



Gambar 2.4 Sikap Tangan Owass

c. Sikap kaki terdiri dari :

1. Duduk
2. Berdiri bertumpu pada kedua kaki lurus
3. Berdiri bertumpu pada satu kaki lurus
4. Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk <math><150^{\circ}</math>
5. Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk <math><150^{\circ}</math>
6. Berlutut pada satu atau kedua lutut
7. Berjalan



Gambar 2.5 Sikap Kaki Owass

d. Berat Beban, terdiri dari :

1. Berat beban adalah kurang dari 10Kg ( $W = 10\text{Kg}$ )
2. Berat beban adalah 10 Kg – 20 Kg ( $10\text{Kg} < W = 20\text{kg}$ )
3. Berat beban adalah lebih besar dari 20kg ( $W > 20\text{Kg}$ )

Hasil dari analisis postur kerja OWAS terdiri dari empat level skala sikap kerja yang berbahaya bagi para pekerja. Setelah didapat kode berdasarkan penilaian klarifikasi sikap tubuh yang diamati selanjutnya kode tersebut dimasukkan ke dalam tabel analisis sikap kerja OWAS agar didapat kategori dari tiap postur kerja . Kategori sikap pekerja dibagi menjadi 4 yaitu :

- KATEGORI 1 : Pada sikap ini tidak ada masalah pada sistem musculoskeletal (tidak berbahaya) . Tidak perlu ada perbaikan.
- KATEGORI 2 : Pada sikap ini berbahaya pada sistem musculoskeletal (postur tubuh kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang signifikan ). Perlu perbaikan dimasa yang akan datang .
- KATEGORI 3 : Pada sikap ini berbahaya

pada sistem musculoskeletal ( postur tubuh kerja

mengakibatkan pengaruh ketegangan yang sangat signifikan ). Perlu perbaikan segera mungkin .

- KATEGORI 4 : Pada sikap ini sangat berbahaya pada sistem musculoskeletal (postur kerja ini mengakibatkan resiko yang jelas ). Perlu perbaikan secara langsung / saat ini juga.

**Tabel 2.2 Tabel Pengklasifikasian Kategori Resiko**

Punggung	Lengan	Kaki																				
		1			2			3			4			5			6			7		
		Beban			Beban			Beban			Beban			Beban			Beban			Beban		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
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	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3
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	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	3	3	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3

Sumber: Pengolahan data penulis 2020

Metode ini tidak hanya sebatas pada klasifikasi posisi sesuai dengan resiko yang ditimbulkan pada sistem musculoskeletal , tetap juga menyediakan analisa frekuensi relative dari posisi yang berbeda pada bagian punggung , lengan , dan kaki yang telah diamati dan dicatat pada setiap kode posisi. Oleh karena itu harus dihitung jumlah repetitive dari setiap posisi punggung, lengan, dan kaki dalam kaitannya dengan posisi lainnya selamat total waktu pengamatan, yaitu, frekuensi relative pekerjaan. Setelah perhitungan ini, maka sebagai langkah terakhir dari metode ini , adalah menentukan kategori resiko yangt mencakup setiap posisi.

Penilaian frekuensi relatif dilakukan setelah merekam gambar selama proses kerja berlangsung , setelah dilakukan perekaman , dilakukan perhitungan terhadap jumlah repetitif dari setiap posisi yang dominan terjadi pada punggung , lengan dan kaki dalam kaitannya dengan posisi lainnya selamat totalt waktut pengamatant.



Setelah perhitungan ini maka sebagai langkah terakhir dari metode ini, adalah menentukan kategori resiko yang mencakup setiap posisi.

**Tabel 2.3 Klasifikasi Tingkat Risiko Menurut Frekuensi Relatif**

Punggung											
1. Lurus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2. Membungkuk	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	
3. Memutar atau miring kesamping	3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
4. Membungkuk dan memutar atau membungkuk ke depan dan ke samping	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	
Lengan											
1. Kedua lengan berada dibawah bahu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2. Satu lengan berada pada atau diatas bahu	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	
3. Kedua lengan pada atau diatas bahu	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
Kaki											
1. Duduk	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
2. Berdiri bertumpu pada kedua kaki lurus	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
3. Berdiri bertumpu pada satu kaki lurus	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	
4. Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk <150°	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	
5. Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk >150°	5	1	2	2	3	3	3	3	4	4	
6. Berlutut pada satu atau kedua lutut	6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
7. Berjalan	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
Frekuensi Relatif (%)		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%

Sumber: Pengolahan data penulis 2020

## 2. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

RULA dikembangkan untuk menyelidiki pemaparan pekerja individual terhadap faktor risiko yang terkait dengan gangguan tungkai atas. Metode ini menggunakan diagram postur tubuh dan tiga tabel penilaian untuk memberikan evaluasi pemaparan terhadap faktor risiko. Faktor risiko yang diteliti digambarkan oleh McPhee sebagai faktor beban eksternal, yaitu:

1. Jumlah gerakan
2. Kerja otot statis
3. Gaya
4. Postur kerja yang ditentukan oleh peralatan dan bahan
5. Waktu bekerja tanpa istirahat.

Selain faktor-faktor ini McPhee menyebutkan faktor penting lainnya yang mempengaruhi beban, namun dapat bervariasi antar individu. Ini adalah postur kerja yang terjadi, penggunaan otot statik yang tidak penting atau kekuatan, kecepatan dan ketepatan gerakan, frekuensi dan durasi jeda yang diambil oleh operator. Selanjutnya, menurut McPhee, faktor individu (seperti usia dan pengalaman), faktor lingkungan kerja dan variabel psikososial adalah faktor-faktor yang mengubah respons

individu terhadap beban tertentu.

Dalam upaya untuk menilai pergerakan empat nilai pertama yang dijelaskan diatas (kerja otot statis , gaya dan postur ) RULA dikembangkan untuk :

1. Menyediakan metode penyaringan populasi kerja dengan cepat , untuk memperkecil kemungkinan terkena risiko gangguan pada lengan atas yang disebabkan kerja
2. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja , mengerahkan tenaga dan melakukan pekerjaan statis atau berulang, dan yang dapat menyebabkan kelelahan otot .
3. Memberikan hasil yang dapat digabungkan dalam penilaian ergonomi yang lebih luas yang mencakup faktor epidemiologis, fisik , mental , lingkungan dan organisasional , dan terutama untuk membantu memenuhi persyaratan penilaian *UK Guidelines on the prevention of work -related upper limb disorders*

RULA dikembangkan tanpa memerlukan peralatan khusus. Hal ini memberi kesempatan kepada sejumlah penyelidik untuk dilatih dalam melakukan penilaian tanpa tambahan biaya peralatan. Karena penyidik hanya membutuhkan clipboard dan pena, penilaian RULA dapat dilakukan di tempat kerja terbatas tanpa gangguan pada angkatan kerja. Mereka yang dilatih untuk menggunakannya tidak membutuhkan keterampilan sebelumnya dalam teknik observasi walaupun ini akan menjadi keuntungan

Saat meninjau literatur, berbagai metode ditemukan untuk menilai postur, gerakan dan kekuatan yang diberikan saat melakukan pekerjaan dan pengaruhnya terhadap kapasitas dan kemampuan fisik orang tersebut. Metode survei telah dikembangkan untuk mengumpulkan informasi tentang keluhan muskuloskeletal yang dilaporkan oleh populasi pekerja. Kemmlert dan Kilbom mengembangkan daftar pertanyaan yang menghubungkan faktor risiko di tempat kerja dengan

informasi tentang laporan operator tentang ketidaknyamanan bagian tubuh. Metode untuk mengevaluasi postur kerja juga dilaporkan, baik dengan cara observasi, rekaman video, sistem optik atau rangka. Penggunaan analisis tugas untuk mengevaluasi kekuatan yang diberikan, frekuensi gerakan dan postur kerja yang diadopsi dilaporkan oleh Drury.

### 3. *Postur Evaluation Index (PEI)*

Untuk mendapatkan suatu tingkat kenyamanan yang optimal, harus diminimalisasi terbentuknya *critical posture* selama operasi kerja berlangsung. *Critical posture* dari setiap rangkaian operasi kerja merupakan postur kerja yang paling berpotensi menimbulkan WMSD. Sering kali *critical posture* sulit untuk dideteksi dengan tepat. Untuk mengatasi hal ini, dikembangkan sebuah tool yang disebut dengan PEI. PEI adalah tool untuk menilai kualitas dari suatu postur tunggal dengan mengandalkan TAT pada software Jack. Dengan menggunakan metode PEI, kualitas dari suatu postur tunggal dengan mengandalkan TAT ini dapat dinilai sehingga *critical posture* juga dapat dideteksi.

Secaragarisbesar ,terdapat7 fase yang harus dilalui dalam perhitungan nilai PEI , yaitu :

### 1. Penilaian OWAS

OWAS merupakan metode sederhana untuk mengetahui tingkat kenyamanan dari suatu postur kerja serta untuk memberikan informasi mengenai tingkat kepentingan perlunya dilakukan kegiatan perbaikan. Tingkat penilaian ini didasarkan pada postur dan observasi rangkaian kerja operator yang disimulasikan . Nilai OWAS yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan indeks kenyamanan maksimum yang ada pada OWAS , yaitu 4.

### 2. Penilaian RULA

RULA adalah tools untuk mengevaluasi postur tubuh bagian atas dan mengidentifikasi risiko cedera atau gangguan pada tubuh bagian atas . Nilai RULA yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan indeks maksimum RULA , yaitu 7.

### 3. Perhitungan nilai PEI

PEI mengintegrasikan nilai LBA , OWAS , dan RULA yang dihasilkan oleh software Jack . PEI mengintegrasikan ketiga nilai ini dengan menjumlahkan tiga variabel dimensional I1 , I2 , dan I3 , dengan keterangan sebagai berikutk:

- Variabel I1 merupakan perbandingan antara skor LBA dengan batas aman kekuatan kompresi yang dapat diterima manusia , yaitu sebesar 3.400 N . Adapun sebelum dilanjutkan ke perhitungan berikutnya , perlu diyakini bahwa nilai I1 harus lebih kecil dari 1 . Jika  $I1 > 1$  menunjukkan kegiatan kerja dalam simulasi tidak

valid . Nilai I1 dapat dihitung dengan menggunakan formula:

$$I_1 = \frac{1}{3400}$$

- Variabel I2 merupakan perbandingan nilai OWAS dengan nilai maksimumnya , yaitu 4 . Nilai I2 dapat dihitung menggunakan formula :  $I_2 = \frac{1}{4}$
- Variabel I3 merupakan perbandingan nilai RULA dengan indeks batas maksimum tingkat kenyamanan RULA, yaitu 7. Nilai I3 dapat dihitung dengan menggunakan formula:  $I_3 = \frac{1}{7}$

Setelah didapatkan nilai dari tiap variabel , dapat dihitung nilai PEI dengan menggunakan formula :  $PEI = 1 + 2 \cdot I_1 + 3 \cdot I_2 + 3 \cdot I_3$

3.

Dengan :  $m_r$  = amplification factor yang bernilai 1,42  
Semakin kecil nilai PEI , semakin tinggi tingkat kenyamanan dan semakin rendah resiko keluhan kesehatan yang dapat diderita oleh manusia yang melakukan postur tersebut . Sebaliknya , semakin tinggi nilai PEI , semakin rendah tingkat kenyamanan dan semakin tinggi resiko keluhan kesehatan yang dapat diderita oleh manusia . Oleh karena itu , dapat disimpulkan bahwa suatu postur kerja dikatakan optimal jika memiliki nilai PEI paling rendah.

#### 4. Penilaian LBA

LBA merupakan tools yang digunakan untuk mengevaluasi gaya dan tekanan yang terjadi pada tulang belakang manusia berdasarkan postur dan beban yang dikenakan saat melakukan suatu operasi kerja . Nilai tekanan yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan batasan tekanan yang ada pada standar NIOSH , yaitu sebesar 3.400 N .

#### 4. *Nordic Body Map (NBM)*

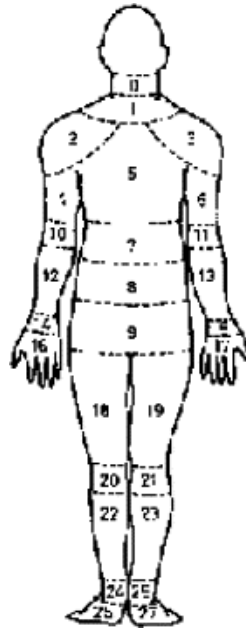
NBM merupakan salah satu metode berupa kuisisioner untuk mengetahui bagian tubuh yang mengalami keluhan mulai dari tidak terasa sakit (*no pain*) hingga sangat sakit (*very painful*) Wignjosoebroto (2006) yang dijelaskan di tabel bawah ini:

**Tabel 2.4 Tingkat keluhan pada kuisisioner Nordic Body Map**

Simbol	Deskripsi
A	No Pain / Tidak Sakit
B	Moderately Pain / Cukup Sakit
C	Painful / Sakit
D	Very Painful / Sangat Sakit

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

Kuisisioner ini menggambarkan bagian tubuh manusia yang dibagi menjadi 9 bagian tubuh utama yaitu leher, bahu, punggung, bagian atas, siku, punggung bagian bawah, tangan, pinggang, lutut dan tumit. Dari 9 bagian tubuh tersebut kemudian terbagi menjadi 28 bagian kuisisioner peta tubuh yang didistribusikan 5 responden yang melakukan pengerjaan pembuatan modal. Gambar dibawah ini menunjukkan 9 bagian tubuh yang dibagi menjadi 27 bagian peta tubuh:



**Gambar 2.6** Peta tubuh *Nordic Body Map*  
 Sumber: Wignjosoebroto (2006)

## 5. Metode Statistik untuk Antropometri

### Mean

Mean ( $\bar{X}$ ) adalah nilai rata-rata yang dihitung dari sekelompok data tertentu. Rumus mean (nilai rata-rata) dinyatakan sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

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

Sumber : (Sutalaksana, 2006)



## Standar Deviasi

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

$$SD = \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n(n-1)}}$$

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

Sumber : (Sutalaksana, 2006)