

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Sortasi**

Afrianto dan Eddy (2008) menyatakan bahwa sortasi adalah pemisahan komoditi selama dalam aliran komoditas, misalnya sortasi di lokasi pemanenan yang didasarkan pada jenis, ukuran yang diminta pasar. Pada umumnya proses sortasi masih dengan cara manual menggunakan tenaga manusia dan berdasarkan pengalaman sehingga memerlukan banyak waktu dan tenaga serta memungkinkan hasil yang didapatkan dalam penyortiran tersebut tidak konstan (Afrianto dan Eddy, 2008).

Kegiatan sortasi dan grading bisa dilaksanakan secara manual, menggunakan alat sederhana hingga menggunakan alat yang kompleks, hal ini biasanya tergantung dari jenis komoditas, skala kegiatan, serta sumber daya yang tersedia. Berikut ini disajikan gambar sortasi dan grading sederhana, sedang dan menggunakan mesin (Penanganan Bahan Hasil dan Pertanian, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia) (Kementerian Pertanian Indonesia, 2013).



Gambar 2. . Kegiatan sortasi dan grading sayuran secara manual



Gambar 3. Sortasi menggunakan mesin sederhana



Gambar 4. Sortasi menggunakan mesin moderen

Tujuan kegiatan Sortasi dan Grading adalah:

- a. Memperoleh kualitas yang lebih baik dan seragam (baik bahan mentah maupun produk akhir yang dihasilkan)
- b. Memberikan standarisasi dan perbaikan cara pengolahan.
- c. Menawarkan beberapa kualitas kepada konsumen dengan harga yang sesuai dengan kualitas atau memberikan harga yang lebih tinggi untuk kualitas yang lebih.

- d. Memisahkan hasil perikanan dan pertanian menurut jenis, ukuran dan tingkat kesegarannya (Murtiningrum, 2016).

## 2.2. Arduino

Papan mikrokontroler yang memiliki pin *input* dan *output*. Arduino Uno memiliki modul yang berguna untuk menunjang kinerja mikrokontroler, dengan menghubungkan Arduino ke komputer hanya dengan kabel data USB atau mensuplai Arduino dengan adaptor DC atau menggunakan baterai untuk menjalankannya (Arif Aquri Saputra, 2017).

Mikrokontroler adalah suatu rangkaian chip yang memungkinkan untuk memprogram Arduino dan memproses output berdasarkan input yang diberikan. Secara singkat, mikrokontroler ini adalah otak dari Arduino. Ada banyak jenis chip yang digunakan tergantung dari jenis Arduino-nya.



Gambar 5. Arduino

Umumnya Arduino memiliki 14 pin input/output yang terdiri dari :

1. 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM
2. 6 pin sebagai *analog input*
3. Osilator Kristal 16 MHz
4. Sebuah koneksi USB
5. Sebuah Power Jack
6. Sebuah ICSP *Header*
7. Dan tombol reset

Oleh karena itu arduino uno mampu mensupport mikrokontroler secara mudah terhubung dengan kabel power USB atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC maupun dengan *batteray*. Sehingga untuk mendukung mikrokontroler tersebut

bekerja , cukup sambungkan ke *power supply* atau hubungkan melalui kabel USB ke PC, maka Arduino uno telah siap bekerja.

Arduino uno berbeda dengan semua jenis arduino sebelumnya, dimana dalam hal koneksi USB to serial menggunakan fitur IC Atmega8U2, sementara pada board sebelumnya menggunakan chip FDTI driver USB to serial. Arduino Uno R3 merupakan seri terakhir dan terbaru dari seri arduino USB.

### **2.3. Sensor Load Cell**

Load Cell adalah sebuah perangkat uji perangkat listrik yang berfungsi untuk mengubah energi menjadi bentuk energi lainnya, khususnya dalam mengubah gaya menjadi sinyal listrik. Sensor Load Cell, yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat suatu beban, umumnya digunakan sebagai komponen utama dalam sistem timbangan digital dan sering diterapkan pada jembatan timbang untuk menimbang berat truk pengangkut bahan baku. Prinsip pengukuran yang digunakan oleh Load Cell didasarkan pada prinsip tekanan.

Sensor Load Cell berperan penting dalam mendeteksi beban atau berat sebuah objek, terutama dalam aplikasi-alat pendeteksi beban seperti timbangan digital. Selain itu, sensor ini juga digunakan dalam jembatan timbang untuk mengukur beban yang dihasilkan oleh truk pengangkut barang. Pengukuran pada Load Cell menggunakan prinsip tekanan untuk mengubah gaya yang diterima menjadi sinyal listrik. Load Cell biasanya memiliki empat kabel dengan warna yang berbeda, masing-masing memiliki fungsi khusus. Kabel merah digunakan sebagai masukan tegangan atau sumber daya positif, kabel hitam sebagai ground atau sumber daya negatif, kabel hijau sebagai keluaran positif, dan kabel putih sebagai keluaran negatif.

Prinsip kerja Sensor Load Cell didasarkan pada elastisitas logam. Ketika salah satu sisi Load Cell ditempatkan pada penyangga dan sisi lainnya diberi beban, akan terjadi gaya pada Load Cell. Gaya yang dihasilkan dalam proses tersebut akan diubah menjadi sinyal listrik oleh pengukur tegangan yang terhubung pada Load Cell (Pranoto, 2020).

Load Cell adalah perangkat transduser yang digunakan dalam teknologi penimbangan. Load Cell berfungsi untuk mengubah gaya yang diterima dari suatu

beban menjadi sinyal listrik yang proporsional. Load Cell umumnya terdiri dari strain gauge, yang terpasang pada elemen elastis seperti logam atau bahan komposit. Ketika beban diterapkan pada Load Cell, elemen elastis akan mengalami deformasi yang akan memengaruhi resistansi strain gauge. Perubahan resistansi ini kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan digunakan untuk menentukan berat atau gaya beban yang diterapkan.

Teknologi Load Cell telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi penimbangan, seperti industri manufaktur, transportasi, pertanian, dan lain sebagainya. Beberapa jenis Load Cell yang umum digunakan termasuk tipe tegangan (strain gauge), tipe pneumatik, tipe hidrolis, dan tipe elektromagnetik. Setiap jenis Load Cell memiliki karakteristik khusus dan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu.

Sensor Load Cell sangat penting dalam sistem penimbangan digital, di mana ketepatan dan keakuratan pengukuran berat sangat dibutuhkan. Selain itu, penggunaan Load Cell pada jembatan timbang memungkinkan pengukuran berat truk secara akurat dan dapat membantu dalam pengendalian dan pengawasan beban yang diangkut (Belotti, 2015).



Gambar 6. Load Cell

#### **2.4. Sensor Warna**

Pada penelitian ini sensor warna yang di gunakan adalah tipe TCS 2300 Sensor warna TCS2300 adalah sensor warna yang sering digunakan pada aplikasi mikrokontroler untuk pendeteksian suatu obyek benda atau warna dari obyek yang di monitor. Sensor warna TCS230 juga dapat digunakan sebagai sensor gerak,

dimana sensor mendeteksi gerakan suatu obyek berdasarkan perubahan warna yang diterima oleh sensor.



Gambar 7. Sensor Warna

Sensor Warna TCS3200 adalah sebuah sensor yang dibangun dengan menggunakan chip sensor TAOS TCS3200 RGB. Sensor warna TCS3200 mampu mendeteksi berbagai jenis warna berdasarkan panjang gelombang. Sensor ini sangat berguna untuk proyek yang melibatkan pengenalan warna, pencocokan warna, pengurutan warna, dan lain sebagainya.

## 2.5. Definisi Ergonomi

Module Istilah ergonomi mulai dicetuskan pada tahun 1949, akan tetapi aktivitas yang berkaitan dengannya telah bermunculan puluhan tahun sebelumnya. 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*, manajemen dan desain atau perancangan (Nurmianto, 1998). Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah, dan tempat rekreasi.

Secara keilmuan ergonomi dipandang sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan. Ergonomi adalah cabang ilmu sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, merancang suatu system kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (Serope Kalpakjian and Steven R. Schamid, 2001).



## **2.6 Analisis Ergonomi**

Analisis Ergonomi adalah aplikasi sistematis dari segala informasi yang relevan yang berkaitan dengan karakteristik dan perilaku manusia dalam perancangan peralatan, fasilitas dan lingkungan kerja yang dipakai. Analisis dan kajian ergonomi meliputi hal-hal yang berkaitan, yaitu :

1. Anatomi (struktur), fisiologi (bekerjanya), dan antropometri (ukuran) tubuh manusia.
2. Psikologis yang fisiologis mengenai berfungsinya otak dan sistem syaraf yang berperan dalam tingkah laku manusia.
3. Kondisi kenyamanan pemakai

Ergonomi mempunyai peran yang sangat besar dalam hidup. Hal ini dibuktikan dengan semua alat-alat sehari-hari selalu menerapkan konsep ergonomi. Ergonomi ditetapkan agar konsumen merasa nyaman dan aman dalam melakukan apapun. Dengan adanya rasa nyaman dan aman tersebut maka kekhawatiran akan kesehatan berkurang, sehingga diharapkan produktivitas dapat terjaga bahkan meningkat (Agung Santoso, 2014).

## **2.7 Definisi Biomekanika Kerja**

Chaffin et al. (1999) mendefinisikan biomekanika kerja sebagai disiplin ilmu yang mempelajari interaksi fisik pekerja dengan peralatan, mesinmaupun material dengan tujuan untuk meningkatkan performasi pekerja dengan cara meminimalkan resiko gangguan/keluhan kerangka otot (musculoskeletal disorder).

Biomekanika kerja merupakan disiplin ilmu yang tidak berdiri sendiri, namun merupakan integrasi dari berbagai disiplin ilmu yang bertujuan untuk meminimalkan resiko keluhan kerangka otot manusia yang disebabkan oleh aktivitasnya.

## **2.8 Faktor dalam Biomekanika**

Peter Vi (2000) dalam Tarwaka (2004) menjelaskan bahwa ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan keluhan otot rangka (Tarwaka et al, 2004), antara lain :

- a) Peregangan otot berlebihan. Peregangan yang berlebihan (over exertion) biasa dialami oleh pekerja yang melakukan aktifitas kerja yang menuntut kekuatan fisik yang besar. Apabila pekerjaan tersebut sering dilakukan, maka resiko terjadinya keluhan otot akan semakin tinggi, hal yang lebih buruk adalah terjadinya cedera otot skeletal.
- b) Aktifitas berulang. Aktifitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan terus menerus. Efek yang ditimbulkan dari aktifitas berulang tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.
- c) Sikap kerja yang tidak alamiah. Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi-posisi bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alaminya. Semakin jauh posisi tubuh dari pusat gravitasi, maka resiko keluhan otot skeletal juga semakin tinggi.
- d) Faktor lainnya :
- Tekanan. Jika terjadi tekanan langsung pada jaringan otot lunak seperti pada saat tangan memegang alat pada waktu yang cukup lama, akan dapat menyebabkan keluhan pada otot.
  - Getaran. Getaran dengan frekuensi tinggi dapat menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini dapat menyebabkan peredaran darah tidak lancar, penimbunan asam laktat dan berakibat rasa nyeri pada otot.
  - Suhu. Suhu yang dingin dapat menyebabkan kekakuan pada otot sehingga dapat mengurangi kelincahan dan reflek kerja. Suhu yang panas dapat menyebabkan kelelahan.
- e) Faktor Kombinasi
- Resiko terjadinya keluhan otot skeletal akan semakin tinggi dengan meningkatnya tugas yang ditanggung oleh tubuh. Hal yang mempengaruhi faktor kombinasi antara lain :
- Umur
- Keluhan otot skeletal biasa dialami oleh orang pada usia kerja (24 - 65 tahun). Biasanya keluhan pertama dialami oleh pekerja usia 35 tahun dan keluhan akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur (Guo et al, 1995).



- **Jenis Kelamin**  
Jenis kelamin sangat berpengaruh pada beban kerja yang akan diberikan, umumnya beban kerja yang diberikan pada pria lebih besar dibandingkan beban kerja yang diberikan kepada wanita.
- **Kesegaran jasmani**  
Pada umumnya, keluhan otot jarang dialami oleh seseorang yang dalam aktifitas kesehariannya mempunyai cukup waktu untuk beristirahat. Sebaliknya, bagi pekerja yang dalam kesehariannya menggunakan tenaga besar serta waktu istirahat yang kurang, akan mengalami resiko keluhan otot. Tingkat kesegaran tubuh yang rendah juga menambah resiko keluhan otot.
- **Kekuatan fisik**  
Seperti yang dilaporkan National Institute *Occupational Safety and Health (NIOSH)* menemukan bahwa keluhan punggung yang tajam pada para pekerja yang menuntut pekerjaan otot diatas batas kekuatan otot maksimalnya. Pekerja yang memiliki kekuatan otot rendah beresiko tiga kali lipat mengalami keluhan otot dibandingkan pekerja yang memiliki kekuatan otot yang tinggi (Chaffin, 1979).

## **2.9 Nordic Body Map**

*Nordic Body Map* (NBM) merupakan metode penilaian yang sangat subjektif, artinya keberhasilan metode ini sangat tergantung dari kondisi dan situasi yang dialami oleh pekerja pada saat dilakukan penilaian dan juga tergantung dari keahlian dan pengalaman observer yang bersangkutan. Namun metode ini telah secara luas digunakan oleh para ahli ergonomi untuk menilai tingkat keparahan gangguan pada sistem muskuloskeletal. Menurut Tarwaka (2010: 339) penilaian dengan menggunakan kuesioner NBM dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan menggunakan dua jawaban sederhana yaitu “YA” (keluhan rasa sakit pada otot skeletal) dan “TIDAK” (tidak ada keluhan atau tidak ada rasa sakit pada otot skeletal). Tetapi lebih utama untuk menggunakan desain penilaian dengan skoring (misalnya 4 skala likert). Apabila digunakan skoring dengan skala

likert, maka setiap skor atau nilai haruslah mempunyai definisi operasional yang jelas dan mudah dipahami responden.

Menurut Tarwaka (2010: 23) antropometri adalah suatu studi tentang pengukuran yang sistematis dari fisik tubuh manusia, terutama mengenai dimensi bentuk dan ukuran tubuh yang didapat dalam klarifikasi dan perbandingan antropologis.

## **2.10 Work Related-Musculoskeletal Disorder (WMSDs)**

Gangguan pada sistem kerangka otot karena aktivitas pekerjaan dikenal dengan istilah musculoskeletal disorders (MSDs). Musculoskeletal disorders (MSDs) merupakan gangguan/kerusakan yang terjadi pada sistem kerangka otot, baik pada bagian otot rangka maupun pada tulang rangka, yang biasanya terjadi karena kesalahan sikap (*posture*) kerja, penggunaan tenaga berlebih (*overexertion*), peregangan berlebihan (*overstretching*) atau penekanan lebih (*overcompression*) dan lainnya.

Gangguan/kerusakan pada otot dapat berupa ketegangan otot, inflamasi, dan degenerasi, biasanya terjadi bagian otot, syaraf, tendon, persendian, dan lainnya. Sedangkan pada tulang dapat berupa memar, patah, dan lainnya (Bagus Setiawan, 2018).

*Musculoskeletal disorders* (MSDs) dapat disebabkan juga oleh :

- a. Kelelahan dan keletihan terus menerus yang disebabkan oleh frekuensi atau periode waktu yang lama dari usaha otot, dihubungkan dengan pengulangan atau usaha yang terus menerus dari bagian tubuh yang sama meliputi posisi tubuh yang statis.
- b. Gangguan/kerusakan tiba-tiba yang disebabkan oleh aktivitas yang sangat kuat/berat atau pergerakan yang tak terduga.

## **2.11 Faktor-Faktor Risiko Kerja**

Menurut penelitian Bagus Setiawan (2018) Faktor-faktor risiko kerja terdiri dari :

### 1) *Postural Stress*

Stres pada tubuh karena sikap (*posture*) kerja yang salah/tidak normal

biasanya terjadi pada saat pekerja mengerahkan usaha/menyesuaikan tubuhnya pada pekerjaan, sehingga terjadi peregangan berlebihan (*overstretching*) atau penekanan lebih (*overcompression*) pada jaringan tubuh (syaraf, tendon, dan lainnya).

2) *Porceful Exertion*

Pengerahan tenaga berlebih biasanya dilakukan dalam menahan peralatan kerja atau material kerja yang berat atau dalam menyelesaikan pekerjaan yang membutuhkan usaha yang berlebih (menarik, mendorong, dll) sehingga menimbulkan beban pada sistem *musculoskeletal* dan dapat menyebabkan deformasi jaringan, peningkatan kebutuhan energi, peningkatan risiko kelelahan pada bagian tubuh tertentu serta risiko cedera pada otot, tendon dan syaraf.

3) *Repetitive Exertions*

Suatu pekerjaan yang dilakukan berulang, dimana pengulangan gerakan kerja dilakukan dengan pola yang sama dalam waktu yang lama.

4) *Static Exertions*

Bekerja dengan posisi yang sama (tidak bergerak/statis) dalam waktu yang lama

5) *Localized Mechanical Stress*

Tekanan kontak fisik dengan peralatan kerja yang keras atau tajam secara langsung pada syaraf atau tendon, sehingga menyebabkan cedera atau bahkan WMSDs.

6) *Vibration*

Getaran yang dialami tubuh selama bekerja yang diakibatkan oleh peralatan kerja, sehingga menyebabkan gerakan reflek, penurunan sirkulasi darah, kehilangan sensasi pada bagian tubuh tertentu dan lainnya.

7) *Low Temperatur*

Bekerja pada suhu rendah ( $< 20^{\circ}$ ) sehingga menyebabkan penurunan sirkulasi darah dalam otot dan tendon bahkan dapat menyebabkan WMSDs.

## 2.12 Metode Penilaian Risiko Kerja *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

Metode Rapid Upper Limb Assessment pertama kali diperkenalkan pada tahun 1993 oleh Dr. Lynn McAtamney. Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan metode cepat penilaian postur tubuh bagian atas. Input metode ini adalah postur (telapak tangan, lengan atas, lengan bawah, punggung dan leher), beban yang diangkat, tenaga yang dipakai (statis/dinamis), jumlah pekerjaan. Metode ini menyediakan perlindungan yang cepat dalam pekerjaan seperti risiko pada pekerjaan yang berhubungan dengan *upper limb disorders*, mengidentifikasi usaha yang dibutuhkan otot yang berhubungan dengan postur tubuh saat kerja (penggunaan kekuatan dan kerja statis yang berulang) (McAtamney, et al.,1993)

The image shows a 'RULA Employee Assessment Worksheet' with the following sections and tables:

**A. Arm and Wrist Analysis**

- Step 1: Locate Upper Arm Position:** Diagrams show shoulder angles from 20° to 45°. Adjustments: +1 for 20-30°, +2 for 30-45°. If upper arm is abducted: +1. If arm is supported or person is leaning: -1.
- Step 2: Locate Lower Arm Position:** Diagrams show forearm angles from 0° to 90°. Adjustment: +1 for 0-45°, +2 for 45-90°.
- Step 3: Locate Wrist Position:** Diagrams show wrist flexion/extension from -10° to 10°. Adjustment: +1 for 10-20°, +2 for 20-30°.
- Step 4: Wrist Twist:** Diagrams show wrist rotation from 0° to 90°. Adjustment: +1 for 0-45°, +2 for 45-90°.
- Step 5: Look-up Posture Score in Table A:** Table A is a 5x5 grid of scores based on Upper Arm and Lower Arm scores.
- Step 6: Add Muscle Use Score:** 0 if posture mainly static (0.5-10 min), +1 if static/repeated (10-30 min), +2 if more than 22 lbs. or repeated/shocks (>30 min).
- Step 7: Add Force/Load Score:** 0 if load < 4.4 lbs. (intermittent), +1 if 4.4 to 22 lbs. (intermittent), +2 if 22 lbs. or repeated/shocks.
- Step 8: Find Row in Table C:** Add values from steps 5-7 to find the row in Table C.

**Table A: Wrist Score**

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Score			
		Wrist Twist	Wrist Flex	Wrist Ext	Wrist Dev
1	1	1	2	3	3
1	2	2	3	3	3
1	3	3	3	3	3
2	1	1	2	3	3
2	2	2	3	3	3
2	3	3	3	3	3
3	1	1	2	3	3
3	2	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3
4	1	1	2	3	3
4	2	2	3	3	3
4	3	3	3	3	3
5	1	1	2	3	3
5	2	2	3	3	3
5	3	3	3	3	3

**Table B: Neck, Trunk and Leg Analysis**

- Step 9: Locate Neck Position:** Diagrams show neck flexion/extension from 0° to 45°. Adjustment: +1 for 0-15°, +2 for 15-30°, +3 for 30-45°.
- Step 10: Locate Trunk Position:** Diagrams show trunk flexion from 0° to 45°. Adjustment: +1 for 0-15°, +2 for 15-30°, +3 for 30-45°.
- Step 11: Legs:** +1 if legs and feet are supported, +2 if not.
- Step 12: Look-up Posture Score in Table B:** Table B is a 3x3 grid of scores based on Neck, Trunk, and Leg scores.
- Step 13: Add Muscle Use Score:** 0 if posture mainly static (0.5-10 min), +1 if static/repeated (10-30 min), +2 if more than 22 lbs. or repeated/shocks (>30 min).
- Step 14: Add Force/Load Score:** 0 if load < 4.4 lbs. (intermittent), +1 if 4.4 to 22 lbs. (intermittent), +2 if 22 lbs. or repeated/shocks.
- Step 15: Find Column in Table C:** Add values from steps 12-14 to find the column in Table C.

**Table C: Neck, Trunk and Leg Score**

Wrist / Arm Score	Neck, Trunk and Leg Score		
	1	2	3
1	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5
4	4	5	6
5	5	6	7
6	6	7	8
7	7	8	9

**Final RULA Score:** 7

Gambar 8. RULA *Employee Assessment Worksheet*

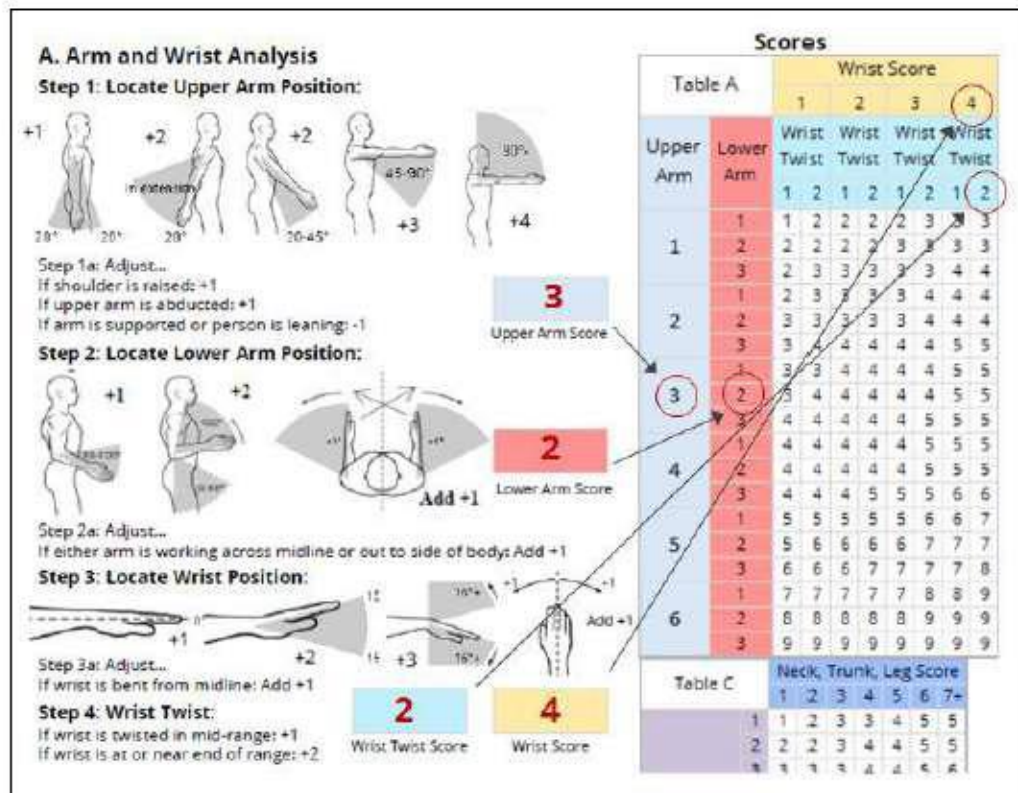
Sumber: (McAtamney, et al.,1993)

### Langkah-langkah dan contoh penggunaan RULA

Lembar kerja RULA dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian A (lengan dan pergelangan tangan) dan B (leher, punggung, kaki). Pembagian ini dibutuhkan untuk memastikan bahwa setiap postur dibatasi dari leher, punggung dan kaki yang mungkin mempengaruhi postur lengan dan pergelangan tangan yang termasuk dalam penilaian RULA.

Peneliti harus memberi nilai pada grup A (lengan dan pergelangan tangan) terlebih dulu, kemudian nilai untuk grup B (leher, punggung & kaki) untuk kiri dan kanan. Untuk masing-masing bagian tubuh, ada skala pemberian nilai postur dan ada penyesuaian ketentuannya seperti yang diuraikan pada lembar kerja yang perlu dipertimbangkan dan diperhitungkan dalam pemberian nilai.

**1. Langkah 1-4:** Analisa tangan kanan dan pergelangan.



Gambar 9. Analisa lengan dan pergelangan RULA

**Langkah 1.** nilai +3 digunakan untuk posisi lengan atas (45 + derajat).

**Langkah 2.** nilai +2 diberikan untuk posisi lengan bawah (<60 derajat).

**Langkah 3.** untuk pergelangan adalah +3 untuk pergelangan tangan fleksi (> 15 derajat), dan +1 ditambahkan untuk penyimpangannya.

**Langkah 4.** untuk pergelangan adalah +2 karena pergelangan tangan dipelintir dekat batas akhir maksimal. Setiap skor harus dilingkari pada Tabel A.

**2. Langkah 5-8:** Menghitung nilai grup A

**A. Arm and Wrist Analysis**

**Step 1: Locate Upper Arm Position:**

Step 1a: Adjust...  
 If shoulder is raised: +1  
 If upper arm is abducted: +1  
 If arm is supported or person is leaning: -1

**Step 2: Locate Lower Arm Position:**

Step 2a: Adjust...  
 If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

**Step 3: Locate Wrist Position:**

Step 3a: Adjust...  
 If wrist is bent from midline: Add +1

**Step 4: Wrist Twist:**  
 If wrist is twisted in mid-range: +1  
 If wrist is at or near end of range: +2

**Step 5: Look-up Posture Score in Table A:**  
 Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

**Step 6: Add Muscle Use Score**  
 If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),  
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

**Step 7: Add Force/Load Score**  
 If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0  
 If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1  
 If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2  
 If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

**Step 8: Find Row in Table C**  
 Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

**Scores**

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist 1	Wrist Twist 2	Wrist Twist 3	Wrist Twist 4
1	1	1	2	2	3
1	2	2	2	2	3
1	3	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
2	2	3	3	3	3
2	3	3	4	4	4
3	1	3	4	4	4
3	2	3	4	4	4
3	3	4	4	4	4
4	1	4	4	4	4
4	2	4	4	4	4
4	3	4	4	4	4
5	1	5	5	5	5
5	2	5	5	5	5
5	3	6	6	6	6
6	1	7	7	7	7
6	2	8	8	8	8
6	3	9	9	9	9

**Table C**

Wrist / Arm Score	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
B+	5	5	6	7	7	7	7

**Scoring: (final score from Table C)**  
 1-2 = acceptable posture  
 3-4 = further investigation, change may be needed  
 5-6 = further investigation, change soon  
 7 = investigate and implement change

**RULA Score**

Gambar 10. Nilai Grup A pada RULA

**Langkah 5.** Menggunakan nilai dari langkah 1-4, tentukan nilai melalui tabel A.

**Langkah 6.** Tambahkan skor penggunaan otot. Dalam contoh ini, postur yang tidak berkelanjutan selama lebih dari 10 menit, dan tidak berulang 4x per menit. Oleh karena itu, nilai adalah 0.

**Langkah 7.** Dalam contoh ini, berat benda >4.4lbs dan berulang. Sehingga, nilainya +2.

**Langkah 8.** Tambahkan nilai dari langkah 5-7.



3. Langkah 9-11 : Analisa leher, punggung, dan kaki.

**B. Neck, Trunk and Leg Analysis**

**Step 9: Locate Neck Position:**

+1  $0-10^\circ$    +2  $10-20^\circ$    +3  $20^\circ$    +4 *in extension*

Neck Score: **3**

Step 9a: Adjust...  
 If neck is twisted: +1  
 If neck is side bending: +1

**Step 10: Locate Trunk Position:**

+1  $0^\circ$    +2  $1-20^\circ$    +3  $20-30^\circ$    +4  $30^\circ$

Trunk Score: **2**

Step 10a: Adjust...  
 If trunk is twisted: +1  
 If trunk is side bending: +1

**Step 11: Legs:**  
 If legs and feet are supported: +1  
 If not: +2

Leg Score: **1**

**Table B: Trunk Posture Score**

Neck Posture Score	Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13
7	7	8	9	10	11	12	13	14
8	8	9	10	11	12	13	14	15

Gambar 11. Analisa leher, punggung dan kaki pada RULA

**Langkah 9.** Nilai +3 digunakan untuk posisi leher (> 20 derajat).

**Langkah 10.** Nilainya +1 karena posisi punggung 0-20 derajat. Setiap nilai kemudian harus dilingkari pada Tabel B.



4. Langkah 12-15 : Menghitung total nilai grup B

**B. Neck, Trunk and Leg Analysis**

**Step 9: Locate Neck Position:**

Neck Score: **3**

**Step 9a: Adjust...**  
 If neck is bowed: +1  
 If neck is side bending: +1

**Step 10: Locate Trunk Position:**

Trunk Score: **2**

**Step 10a: Adjust...**  
 If trunk is bowed: +1  
 If trunk is side bending: +1

**Step 11: Legs:**  
 If legs and feet are supported: +1  
 If not: +2

**Table B: Trunk Posture Score**

Neck Score	Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13
7	7	8	9	10	11	12	13	14
8	8	9	10	11	12	13	14	15

**Step 12: Look-up Posture Score in Table B:**  
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

**Step 13: Add Muscle Use Score**  
 If posture mostly static (i.e. held 10 minutes), Or if action repeated occurs >4x per minute: +1

**Step 14: Add Force/Load Score**  
 If load < 4.4 lbs. (intermittent): 0  
 If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1  
 If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2  
 If more than 22 lbs. or repeated or static: +3

**Step 15: Find Column in Table C**  
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C: Neck, Trunk, Leg Score

Posture B Score: **3**  
 Muscle Use Score: **0**  
 Force / Load Score: **2**  
**5**

Gambar 12. Nilai Grup B pada RULA

**Langkah 12.** Menggunakan nilai dari langkah 9-11, tentukan nilai melalui tabel B.

**Langkah 13.** Tambahkan skor penggunaan otot. Dalam contoh ini, postur yang tidak berkelanjutan selama lebih dari 10 menit, dan tidak berulang 4x per menit. Oleh karena itu, nilai adalah 0.

**Langkah 14.** Dalam contoh ini, berat benda >4.4lbs dan berulang. Sehingga, nilainya +2.

**Langkah 15.** Tambahkan nilai dari langkah 12-14.

## 5. Menentukan Nilai Akhir

Gunakan tabel C untuk menentukan hasil akhir RULA seperti tertera dalam gambar berikut :

The image shows a completed RULA Employee Assessment Worksheet. The final RULA score is 7, which is circled in red. The worksheet includes instructions for assessing the upper and lower arm, wrist, neck, trunk, and legs, along with various adjustment factors. The final score is calculated based on the scores from these different areas.

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist
1	1	1	2	1	2	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6

Neck	Trunk	Legs
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6

Wrist & Arm Score	Neck, Trunk & Leg Score	Muscle Use Score	Force/Load Score	Posture/F Score	Final RULA Score
3	2	0	2	3	7

Gambar 13. Hasil Akhir Tabel C pada RULA

Nilai Akhir : 7

Dalam contoh ini, skor RULA akhir adalah 7 menunjukkan risiko tinggi dan membutuhkan perubahan metode kerja untuk mengurangi atau menghilangkan risiko MSDs.

### 2.13 Pengertian Antropometri

Antropometri adalah suatu bagian yang mendukung Ergonomi, terutama dalam perancangan peralatan berdasar prinsip Ergonomi. “Antropometri” berasal dari kata “Antro” yang artinya manusia, dan “Metri” yang artinya ukuran. Sehingga, “Antropometri” adalah ilmu tentang hubungan antara struktur dan fungsi tubuh (termasuk bentuk dan ukuran tubuh) dengan desain alat-alat yang digunakan manusia (Wignjosoebroto, 1995). Sedangkan Niebel (1999) mendefinisikan “Antropometri” sebagai suatu ilmu untuk mengukur tubuh

manusia atau orang (Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal :

1. Perancangan area kerja (*work station*, interior mobil, dan lain-lain).
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, equipment, perkakas (*tools*) dan lain sebagainya.
3. Perancangan produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dan lain-lain.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Antropometri pada dasarnya akan menyangkut ukuran fisik atau fungsi dari tubuh manusia, termasuk disini ukuran linier, berat, *volume*, ruang gerak, dan lain-lain. Data antropometri akan sangat bermanfaat dalam perencanaan peralatan kerja atau fasilitas-fasilitas kerja (Niebel, 1999). Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (*design*) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Manusia pada umumnya berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia, yaitu:

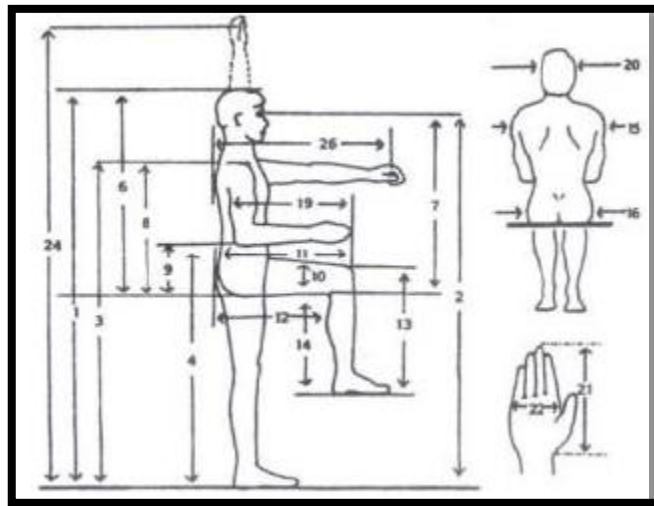
- a. Umur.
- b. Jenis kelamin.
- c. Suku bangsa.
- d. Sosial ekonomi.
- e. Posisi tubuh.

#### **2.14 Data Antropometri dan Cara Pengukurannya**

Data antropometri diperlukan agar rancangan suatu produk dapat disesuaikan dengan orang yang akan mengoperasikannya. Ukuran tubuh yang diperlukan pada tidak sulit diperoleh dari pengukuran secara individual. Pengukuran data antropometri dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Dimensi tubuh struktural (Antropometri statis) Disini tubuh diukur dalam berbagai posisi standard dan tidak bergerak (tetap tegak sempurna). Istilah lain dari pengukuran tubuh dengan cara ini dikenal dengan "*static anthropometry*". Ukuran dalam hal ini diambil dengan persentil.

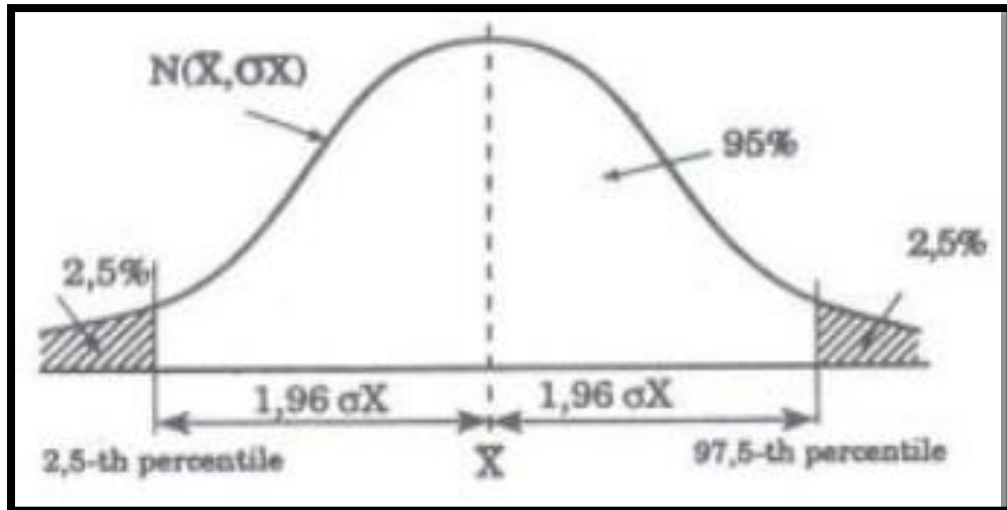
2. Dimensi tubuh fungsional (Antropometri dinamis) Disini pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan.



Gambar 14. Dimensi Antropometri Tubuh Manusia  
(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Secara statistik terlihat bahwa ukuran tubuh manusia pada suatu populasi berada disekitar harga rata-rata, dan sebagian kecil harga ekstrim jatuh di dua sisi distribusi. Perancangan berdasarkan konsep harga rata-rata hanya akan menyebabkan sebesar 50% dari populasi pengguna rancangan yang akan dapat menggunakan rancangan dengan baik. Sedangkan sebesar 50% sisanya tidak dapat menggunakan rancangan tersebut dengan baik. Oleh karena itu tidak dibenarkan untuk merancang berdasarkan konsep harga rata-rata ukuran manusia (Wignjosoebroto, 2000).

Untuk itu dilakukan perancangan yang berdasarkan harga tertentu dari ukuran tubuh .Sebagian besar data Antropometri dinyatakan dalam bentuk persentil. Persentil merupakan suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya 95% dari populasi adalah sama atau lebih rendah dari 95 persentil, dan 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 persentil.



Gambar 15. Kurva Distribusi Normal  
(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata dan simpangan standarnya dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, persentil dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Persentil yang dimaksudkan di sini adalah suatu nilai yang menunjukkan prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut. Sebagai contoh, 95-th persentil akan menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau di bawah ukuran tersebut; sedangkan 5-th persentil akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau di bawah ukuran itu. Dalam antropometri, angka 95-th akan menggambarkan ukuran manusia yang “terbesar” dan 5-th persentil menunjukkan ukuran “terkecil” (Wignjosoebroto, 1995).

Dalam konsep persentil ini ada dua konsep yang perlu dipahami. Pertama, persentil antropometri pada individu hanya didasarkan pada satu ukuran tubuh saja, seperti tinggi berdiri atau tinggi duduk. Kedua, tidak ada orang yang disebut sebagai orang persentil ke-90 atau orang persentil ke-5. Artinya, orang yang memiliki persentil ke-50 untuk tinggi duduk mungkin saja memiliki dimensi persentil ke-40 untuk tinggi popliteal atau persentil ke-60 untuk tinggi siku duduk. (Sritomo Wignjosoebroto, 2000) Nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Distribusi Normal dan Perhitungan Persentil

<i>Percentile</i>	<b>Perhitungan</b>
1-st	$\bar{X} - 2,325\sigma\%$
2,5-th	$\bar{X} - 1,96\sigma\%$
5-th	$\bar{X} - 1,64\sigma\%$
10-th	$\bar{X} - 1,28\sigma\%$
50-th	$\bar{X}$
90-th	$\bar{X} + 1,28\sigma\%$
95-th	$\bar{X} + 1,64\sigma\%$
97-th	$\bar{X} + 1,96\sigma\%$
99-th	$\bar{X} + 2,325\sigma\%$

(Sumber : (Wignjosoebroto, 2000))

## 2.15 Pengujian Data

Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan software SPSS 11. Dalam pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov Z, adapun prosedur pengujian adalah sebagai berikut : (Agung Santoso, 2014)

Hipotesis:

H<sub>0</sub> : Data berdistribusi normal

H<sub>1</sub> : Data tidak berdistribusi normal

Statistik uji : Uji Kolmogorof-Smirnov

$\alpha = 0,05$

pengambilan keputusan:

Data berdistribusi normal jika Sig. >  $\alpha$

Data tidak berdistribusi normal jika Sig. <  $\alpha$