

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ergonomi**

Makna ergonomi diambil dari Bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu “*ergon*” yang artinya aturan atau hukum. Secara singkat ergonomi merupakan aturan atau hukum dalam suatu sistem kerja [6]. Menurut Tarwaka, ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi dalam meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan dengan menyelaraskan atau menyeimbangkan semua fasilitas yang digunakan untuk aktivitas dan rekreasi dengan kemampuan dan keterbatasan fisik dan mental manusia [6]. Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi, yaitu [6]:

1. Meningkatkan kesehatan fisik dan mental dengan mencegah terjadinya cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, meningkatkan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial dengan meningkatkan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinasikan operatoran secara efektif, dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara aspek teknis, ekonomis, antropologis, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan untuk menciptakan operatoran dan kehidupan yang berkualitas.

#### **2.2 *Musculoskeletal Disorders* (MSDs)**

Keluhan *musculoskeletal* merupakan keluhan otot skeletal yang dirasakan seseorang, mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat nyeri [6]. Ketika otot menerima beban statis dan berulang-ulang dalam waktu yang lama, maka dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon. Keluhan ini disebut keluhan *muskuloskeletal* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal*. Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu [6]:

1. Keluhan sementara (*reversible*), merupakan keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun 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.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal, yaitu [6]:

1. Peregangan Otot yang Berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan umumnya merupakan keluhan yang sering dikeluhkan oleh operator yang melakukan aktivitas seperti mengangkat, mendorong, menarik dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan dapat meningkatkan risiko terjadinya keluhan otot dan bahkan dapat menyebabkan terjadinya cedera otot skeletal.

2. Aktivitas Berulang

Aktivitas berulang merupakan operatoran yang dilakukan secara terus menerus seperti operatoran mencangkul, membelah kayu besar, mengangkat dan mengangkut. Keluhan otot terjadi karena otot tidak memiliki kesempatan untuk rileks dan berada di bawah tekanan akibat beban kerja yang terus menerus.

3. Postur Kerja Tidak Alami

Postur kerja yang tidak alami adalah postur dimana posisi bagian tubuh dapat menyimpang dari posisi alami. Misalnya gerakan tangan saat mengangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat, dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi risiko terjadinya keluhan otot skeletal.

4. Faktor penyebab sekunder meliputi:

Berikut ini penjelasan mengenai faktor penyebab sekunder pada keluhan otot skeletal, yaitu:

- a. Tekanan

Terjadinya tekanan langsung pada jaringan otot yang lunak.

b. Getaran

Getaran frekuensi tinggi menyebabkan peningkatan kontraksi otot, mengakibatkan sirkulasi darah tidak lancar, peningkatan asam laktat dan, akhirnya timbul nyeri otot.

c. Mikroklimat

Suhu yang terlalu rendah dapat menurunkan mobilitas, sensitivitas, kekuatan operator sehingga gerakan operator menjadi lambat dan sulit bergerak yang disertai dengan menurunnya kekuatan otot.

5. Penyebab Kombinasi

Risiko keluhan *musculoskeletal* meningkat ketika ada beberapa faktor risiko dalam melakukan tugasnya. Misalnya ketikan operator konstruksi harus melakukan operatoran mengangkat atau mengangkut di bawah panas sinar matahari. Beberapa ahli menjelaskan bahwa faktor individu seperti usia, jenis kelamin, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, kekuatan fisik dan tinggi badan juga dapat menjadi penyebab terjadinya keluhan *musculoskeletal*.

### 2.3 Antropometri

Antropometri berasal dari kata “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran [7]. Antropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dan sebagainya), berat, dan lain-lain, yang berbeda antara satu sama lain. Antropometri dapat digunakan sebagai pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk dan sistem kerja yang memerlukan interaksi manusia. Menurut Ginting, data antropometri yang telah diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal [7]:

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

Menurut Ginting, agar rancangan suatu produk bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoperasikannya, maka perlu ditetapkan terlebih

dahulu prinsip-prinsip yang harus diperhatikan dalam menggunakan data antropometri, yaitu [7]:

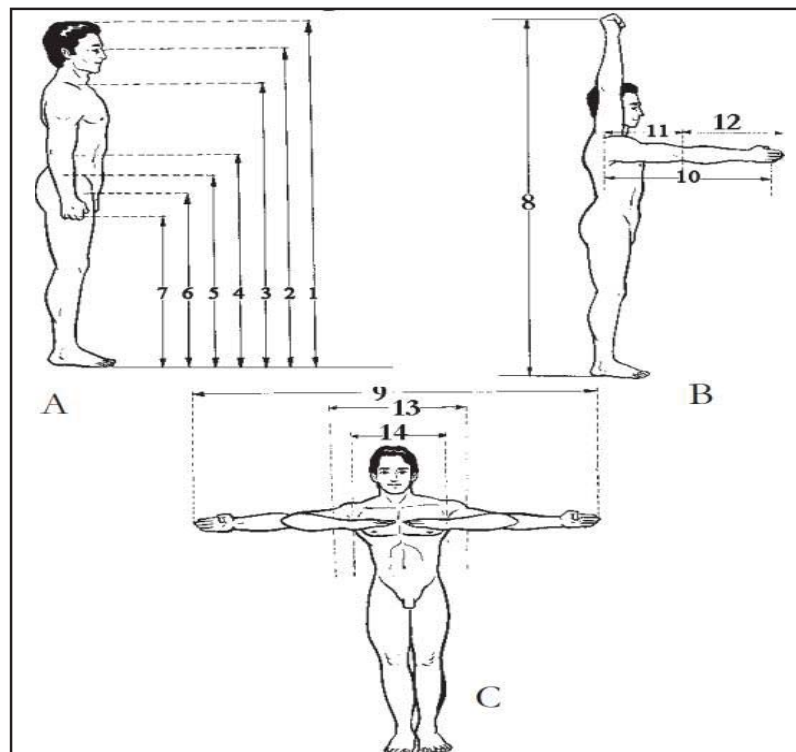
1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim.  
Perancangan produk dibuat agar dapat memenuhi 2 sasaran produk yaitu:
  - a. Bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim.
  - b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).
2. Prinsip perancangan produk yang dapat dioperasikan di antara rentang tertentu.  
Rancangan dapat diubah ukurannya sehingga membuatnya sangat fleksibel dioperasikan oleh setiap orang dengan ukuran tubuh yang berbeda. Contoh yang paling umum adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini bisa digeser maju mundur dan sudut sandarannya bisa diubah-ubah sesuai dengan yang diinginkan. Kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang 5 sampai 95 persentil.
3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.  
Rancangan produk didasarkan pada rata-rata ukuran manusia. Masalah yang muncul dalam hal ini adalah hanya sedikit orang yang memiliki ukuran rata-rata. Produk dirancang dan dibuat untuk orang-orang yang memiliki ukuran rata-rata, sedangkan orang-orang yang memiliki ukuran ekstrim akan dibuatkan rancangan sendiri.

Ada beberapa langkah dalam proses pembuatan perancangan produk maupun fasilitas kerja yang berkaitan dengan aplikasi data antropometri, yaitu [7]:

1. Menetapkan anggota tubuh mana yang akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
2. Menentukan dimensi tubuh yang digunakan dalam proses perancangan tersebut.
3. Menentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai produk tersebut. Hal ini dikenal sebagai market segmentasi pasar seperti produk mainan untuk anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita dan lain-lain.

4. Menetapkan prinsip ukuran yang harus dipilih. Misalnya apakah rancangan tersebut untuk ukuran individu ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel atau ukuran rata-rata.
5. Pilih persentase populasi yaitu 5, 50, 95, atau nilai persentil lain yang dikehendaki.
6. Setiap dimensi tubuh yang telah diidentifikasi selanjutnya menentukan nilai ukuran dari tabel data antropometri. Aplikasikan data dan tambahkan faktor kelonggaran (*allowance*) sesuai kebutuhan, seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang harus dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan (*gloves*), dan lain-lain.

Dimensi antropometri dibagi menjadi 2 posisi, yaitu pada posisi berdiri dan pada posisi duduk. Gambar 2.1 di bawah ini memberikan informasi tentang berbagai macam dimensi tubuh pada posisi berdiri yang perlu diukur untuk dimensi dari masing-masing antropometri adalah sebagai berikut:

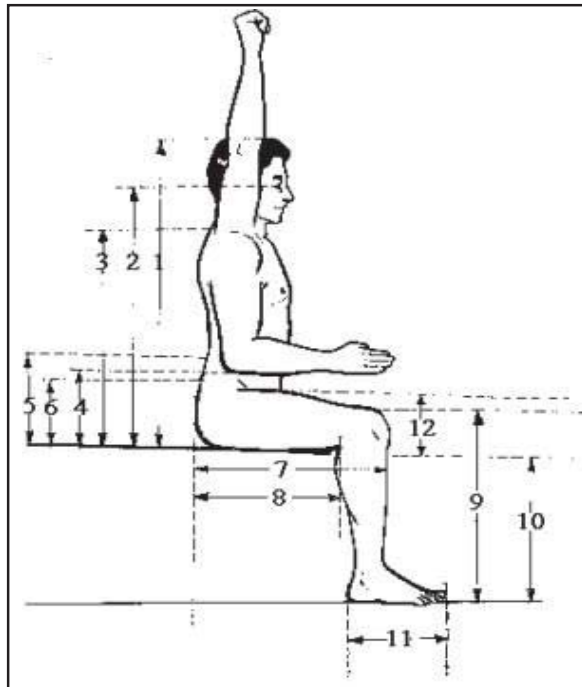


**Gambar 2. 1** Antropometri Tubuh Manusia Posisi Berdiri [8]

Keterangan:

- |                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Tinggi badan                      | 8. Tinggi jangkauan atas |
| 2. Tinggi mata                       | 9. Panjang depan         |
| 3. Tinggi bahu                       | 10. Panjang lengan       |
| 4. Tinggi siku                       | 11. Panjang lengan atas  |
| 5. Tinggi pinggang                   | 12. Panjang lengan bawah |
| 6. Tinggi tulang pinggang            | 13. Lebar bahu           |
| 7. Tinggi kepalan tangan posisi siap | 14. Lebar dada           |

Gambar 2.2 di bawah ini memberikan informasi tentang berbagai macam dimensi tubuh pada posisi duduk sebagai berikut:



**Gambar 2.2** Antropometri Tubuh Manusia Posisi Duduk [8]

Keterangan:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. Tinggi kepala         | 7. Panjang <i>buttock</i> -lutut                  |
| 2. Tinggi mata           | 8. Panjang <i>buttock-popliteal</i> (lekuk lutut) |
| 3. Tinggi bahu           | 9. Tinggi telapak kaki-lutut                      |
| 4. Tinggi siku           | 10. Tinggi telapak kaki- <i>popliteal</i>         |
| 5. Tinggi pinggang       | 11. Panjang kaki (tunggai-ujung jari kaki)        |
| 6. Tinggi tulang pinggul | 12. Tebal paha                                    |

## 2.4 Konsep Persentil

Pengertian persentil menurut Nurmiyanto, persentil adalah nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya kurang dari atau sama dengan nilai tersebut. Contohnya: persentil 95 hal ini menunjukkan bahwa 95% populasi akan berada pada atau di bawah ukuran tersebut, sedangkan persentil 5 akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau di bawah ukuran itu. Nilai persentil yang umum dipakai dalam perhitungan data antropometri di tunjukkan dalam tabel di bawah ini:

**Tabel 2.1** Perhitungan Nilai Persentil [9]

Persentil	Perhitungan	Persentil	Perhitungan
1	$\bar{x} - 2,325\sigma_x$	90	$\bar{x} + 1,280\sigma_x$
2,5	$\bar{x} - 1,960\sigma_x$	95	$\bar{x} + 1,645\sigma_x$
5	$\bar{x} - 1,645\sigma_x$	97,5	$\bar{x} + 1,960\sigma_x$
10	$\bar{x} - 1,280\sigma_x$	99	$\bar{x} + 2,325\sigma_x$
50	$\bar{x}$		

Rumus perhitungan persentil [10]:

- 1) Persentil 5-th diasumsikan untuk ukuran persentil terkecil. Berikut merupakan persamaan dari persentil 5-th:

$$P_5 = \bar{X} - Z \times \sigma \quad (2.1)$$

- 2) Persentil 50-th diasumsikan untuk ukuran persentil rata-rata. Berikut merupakan persamaan dari persentil 50-th:

$$P_{50} = \bar{X} \quad (2.2)$$

- 3) Persentil 95-th diasumsikan untuk ukuran persentil terbesar. Berikut merupakan persamaan dari persentil 95-th:

$$P_{95} = \bar{X} + Z \times \sigma \quad (2.3)$$

Keterangan:

P = nilai persentil

$\bar{X}$  = rata-rata

Z = nilai standar normal

$\sigma$  = simpangan baku

$\pm$  = tanda (+) jika menggunakan persentil besar, tanda (-) jika menggunakan persentil kecil

Rumus nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ) [11]:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N} \quad (2.4)$$

$\sum x$  = jumlah keseluruhan data

$N$  = banyaknya data

Menurut Purnomo, jenis dimensi menjadi pedoman dalam menentukan nilai persentil, yang terdiri dari dimensi jangkauan dan dimensi ruang [11]. Dimana dimensi jangkauan adalah dimensi yang dirancang dimana orang yang paling kecil dalam populasi dapat menggunakan rancangan tersebut. Dimensi jangkauan dikhususkan untuk mengakomodasi jenis operatoran yang sifatnya menjangkau baik yang dilakukan oleh lengan maupun kaki. Contohnya, perancangan tuas pengendali, tinggi meja, tinggi kursi, dll. Sedangkan dimensi ruang adalah kebalikan dari dimensi jangkauan, dimana orang yang paling besar dalam populasi pengguna dapat menggunakan rancangan tersebut. Contoh dimensi ruang yaitu tinggi pintu, lebar pintu, lebar kursi, dll.

## 2.5 Postur Kerja

Postur kerja menurut Nurmianto, adalah suatu usaha atau postur operator saat melakukan operatoran [9]. Postur kerja selama bekerja dapat dibagi menjadi 3, yaitu postur kerja duduk berdiri, postur kerja berdiri, dan postur kerja duduk. Sedangkan menurut Tarwaka, pada saat bekerja postur tubuh ditentukan oleh jenis operatoran atau aktivitas yang dilakukan, karena efek dari setiap postur kerja dapat berbeda dari satu tubuh ke tubuh lainnya [6]. Postur kerja yang baik dan sesuai dengan operatoran yang dilakukan adalah sangat penting, karena berpengaruh terhadap keluhan *musculoskeletal* pada operator. Terdapat 3 klasifikasi postur dalam bekerja, yaitu [9]:

### 1. Postur Kerja Duduk

Aktivitas kerja dengan postur kerja duduk menyebabkan timbulnya masalah *musculoskeletal* terutama masalah pada punggung karena adanya tekanan pada tulang belakang. Keuntungan bekerja dengan postur kerja duduk dapat mengurangi beban statis pada kaki dan berkurangnya pemakaian energi.



## 2. Postur Kerja Berdiri

Postur kerja berdiri merupakan postur fisik maupun mental, sehingga aktivitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat, dan teliti. Namun, beberapa masalah dalam bekerja dengan postur berdiri dapat menyebabkan kelelahan, nyeri, dan terjadi fraktur pada otot tulang belakang.

## 3. Postur Kerja Duduk Berdiri

Postur kerja duduk berdiri merupakan kombinasi kedua postur kerja untuk mengurangi kelelahan otot karena postur dalam satu posisi kerja. Posisi dengan postur kerja ini merupakan posisi yang lebih baik dibandingkan dengan postur kerja duduk atau postur kerja berdiri saja. Penerapan postur kerja duduk berdiri memberikan keuntungan di sektor industri dimana tekanan pada tulang belakang dan pinggang 30% lebih rendah dibandingkan dengan posisi duduk maupun berdiri saja secara terus menerus.

### 2.6 *Nordic Body Map* (NBM)

*Nordic Body Map* (NBM) merupakan metode untuk menilai tingkat keparahan gangguan atau cedera pada otot-otot skeletal [12]. Pengaplikasian metode *Nordic Body Map* (NBM) menggunakan lembar kerja berupa peta tubuh *body map*. Observasi dilakukan dengan mewawancarai atau menanyakan kepada responden pada otot-otot skeletal bagian mana yang mengalami gangguan kenyarian atau sakit. Melalui kuesioner NBM maka akan dapat diketahui bagian-bagian otot mana yang mengalami gangguan nyeri atau keluhan dari tingkat rendah sampai keluhan tingkat tinggi.

Menurut Hutabarat, pengambilan data pada metode ini dilakukan dengan cara menggunakan lembar kuesioner maupun melakukan wawancara [12]. Isi kuesioner berisi *body map* yang menunjukkan bagian-bagian rasa sakit otot pada tubuh. Kuesioner NBM dikategorikan ke dalam 4 skala likert, yaitu:

1. Skor 1: tidak ada keluhan nyeri atau tidak ada rasa sakit sama sekali yang dirasakan oleh operator (tidak sakit)
2. Skor 2: dirasakan sedikit sakit adanya keluhan atau nyeri pada otot skeletal (agak sakit)

3. Skor 3: responden merasakan adanya keluhan nyeri atau sakit pada otot skeletal (sakit)
4. Skor 4: responden merasakan keluhan sangat sakit atau sangat nyeri pada otot skeletal (sangat sakit)

Total skor dijadikan acuan dalam penentuan kategori tingkat risiko yang ditunjukkan pada tabel 2.2 di bawah ini:

**Tabel 2.2** Kategori Tingkat Risiko [6]

<i>Range Score</i>	<b>Tingkat Risiko</b>	<b>Keterangan</b>
28-49	Rendah	Belum memerlukan perbaikan
50-70	Sedang	Mungkin memerlukan perbaikan dikemudian hari
71-91	Tinggi	Memerlukan sebuah Tindakan/usaha segera
92-112	Sangat Tinggi	Memerlukan sebuah Tindakan/usaha menyeluruh secepat mungkin

Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) meliputi 27 bagian otot skeletal pada kedua sisi tubuh kanan dan kiri, dimulai dari anggota tubuh bagian atas yaitu otot leher sampai dengan bagian paling bawah yaitu otot pada kaki. Adapun kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dapat dilihat pada tabel 2.3:

Tabel 2.3 Kuesioner NBM [13]

No.	JENIS KELUHAN	TINGKAT KELUHAN			
		A	B	C	D
0	Sakit/kaku di leher bagian atas				
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 bawa kanan				
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri				
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan				
16	Sakit pada tangan kiri				
17	Sakit pada 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 kaki kiri				
27	Sakit pada kaki kanan				

Keterangan: A: Tidak Sakit, B: Agak Sakit, C: Sakit, D: Sakit Sekali

### 2.7 Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Menurut McAtamney, *Rapid Upper Limb* (RULA) dikembangkan untuk mengetahui postur tubuh yang mengalami cedera *musculoskeletal* terutama pada bagian atas [14]. Metode ini berguna untuk mengetahui nilai postur tubuh operator dengan mengambil sampel dari suatu operatoran yang dianggap memiliki risiko cedera *musculoskeletal* yang dialami oleh operator dengan melakukan penilaian. Jika penilaian tidak sesuai dengan prinsip ergonomi maka perlu dilakukan perbaikan dengan menggunakan metode RULA [15]. Tujuan dari metode RULA menurut Susanti, adalah untuk mengidentifikasi operatoran yang menggunakan otot

yang berhubungan dengan postur tubuh [15]. Penilaian faktor beban eksternal dalam metode RULA tersebut dikembangkan untuk, yaitu [14]:

1. Mengidentifikasi kerja otot dalam postur tubuh yang menggunakan kekuatan dalam melakukan operatoran secara berulang-ulang yang dapat menyebabkan cedera atau kelelahan otot.
2. Melakukan penyaringan kerja yang memiliki risiko yang cukup tinggi pada tubuh bagian atas sehingga dapat menyebabkan timbulnya gangguan.
3. Memberikan hasil yang dapat berfungsi dengan penggabungan dengan metode penilaian ergonomi.

Metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) digunakan untuk mengevaluasi hasil yang berupa skor resiko 1 sampai 7. Skor tertinggi menunjukkan level yang menimbulkan resiko yang besar atau berbahaya untuk dilakukan dalam bekerja. Hal ini tidak berarti bahwa skor terendah menjamin bahwa operatoran yang di bersangkutan bebas dari bahaya ergonomi.

Metode ini menggunakan diagram *body postures* dan 4 tabel penilaian yang disediakan untuk mengevaluasi postur kerja yang berbahaya dalam siklus operatoran tersebut. RULA membagi tubuh menjadi dua bagian untuk menghasilkan suatu metode yang cepat digunakan, yaitu grup A dan grup B. Grup A meliputi lengan atas dan lengan bawah serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, badan dan kaki. Hal ini dipastikan bahwa seluruh postur tubuh dicatat sehingga postur kaki, badan, dan leher yang terbatas dapat masuk dalam pemeriksaan. Berikut ini diberikan gambar analisa RULA.

**RULA Employee Assessment Worksheet**

**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 >N 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 Posture Score**

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

**Table C: Neck, trunk and leg score**

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	3	3	4	5
3	3	3	3	4	5
4	3	3	3	4	5
5	4	4	4	5	6
6	4	4	4	5	6
7	5	5	5	6	7
8	5	5	5	6	7

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

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

**Step 9: Locate Neck Position:**

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

**Step 10: Locate Trunk Position:**

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

**Table B: Trunk Posture Score**

Neck	2		3		4		5	
	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	
1	1	2	3	3	4	4	5	
2	2	3	3	3	4	4	5	
3	3	3	3	3	4	4	5	
4	4	4	4	4	5	5	6	
5	5	5	5	5	6	6	7	
6	6	6	6	6	7	7	8	
7	7	7	7	7	8	8	9	
8	8	8	8	8	9	9	9	

**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 mainly static (i.e. held >10 minutes),  
 Or if action repeated occurs >N 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 shocks: +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.

**Gambar 2.3** Lembar Analisa RULA [14]

Skor penggunaan otot dan skor tenaga pada kelompok tubuh bagian A dan B diukur dan dicatat dalam tabel yang tersedia kemudian ditambahkan dengan skor yang berasal dari tabel A dan B, yaitu sebagai berikut:

- Skor A + skor penggunaan otot + skor tenaga (beban) untuk kelompok A = skor C.
- Skor B + skor penggunaan otot + skor tenaga (beban) untuk kelompok B = skor C.

Setelah diperoleh *grand* skor yang bernilai 1 hingga 7 menunjukkan level tindakan (*action level*) sebagai berikut:

1. *Action level 1*

Skor 1 sampai 2 di simbolkan dengan warna hijau menunjukkan bahwa postur kerja ini bisa diterima jika tidak berulang dalam periode yang lama.

2. *Action level 2*

Skor 3 sampai 4 di simbolkan dengan warna kuning menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lanjutan dan juga diperlukan perubahan-perubahan postur.

3. *Action level 3*

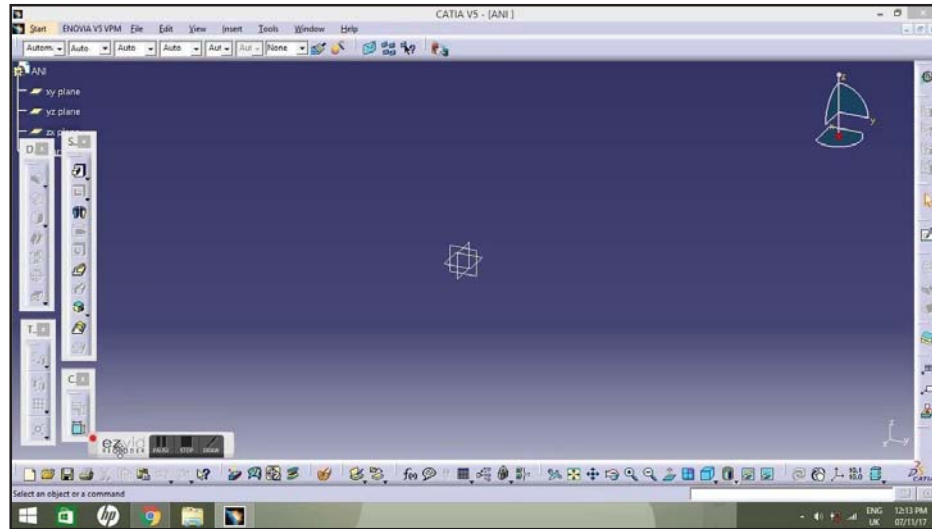
Skor 5 sampai 6 di simbolkan dengan warna jingga menunjukkan bahwa pemeriksaan dan perubahan postur kerja perlu segera dilakukan.

4. *Action level 4*

Skor 7 di simbolkan dengan warna merah menunjukkan bahwa kondisi ini berbahaya, maka pemeriksaan dan perubahan postur kerja perlu dilakukan saat itu juga.

## 2.8 *Software CATIA*

CATIA adalah suatu *software* yang dikembangkan sebagai alat desain sebuah produk. Program CATIA (*Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*) merupakan program komputer yang dibuat dengan mendasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen [16]. *Software* CATIA sudah terdapat batasan (toleransi) yang sesuai dengan standar ISO (*International standard organization*). Selain itu untuk menyederhanakan dan memudahkan proses desain dan analisa sebuah struktur, *software* CATIA memberikan solusi terpadu. Solusi terpadu tersebut yaitu semua proses dikerjakan oleh satu mesin dan satu *software* sehingga transfer data dari satu desain/*software* ke mesin/*software* yang lain tidak diperlukan [16]. Adanya proses tersebut maka hilangnya data atau informasi dapat dihindari dan waktu untuk proses analisa juga menjadi lebih singkat. proses penggambaran model pada *software* CATIA hampir sama dengan *software* lainnya, yaitu dengan melakukan penggambaran profil 2D yang akan menjadi gambar 3D *solid*. Pada *software* CATIA pengeditan dapat dilakukan tanpa harus melakukan langkah-langkah penggambaran sebelumnya. Perakitan juga dapat dilakukan dengan mudah karena penyesuaian ukuran *parts* dapat dilakukan sewaktu perakitan *assembly*. Berikut adalah tampilan gambar *interface* pada *software* CATIA.



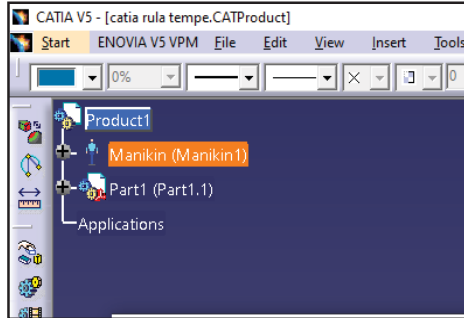
**Gambar 2.4** *Interface* CATIA V5 R20 [16]

CATIA V5 Release 18 merupakan program desain grafis tiga dimensi yang dibuat oleh Dassault Sistem yang mampu membuat gambar dan analisa dalam bidang teknik. Dalam perancangan benda kerja, peneliti menggunakan program CATIA dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut [16]:

1. Program CATIA V5 Release 20 mempunyai aplikasi yang lengkap yang dapat digunakan dalam bidang pendidikan dan bidang industri yang meliputi *mechanical design, analysis, simulation*, dan aplikasi lainnya.
2. Cara pembuatan atau pemodelan benda kerja dengan program CATIA V5 Release 20 relatif mudah dibandingkan dengan menggunakan program sejenis serta mempunyai tingkat akurasi yang tinggi.
3. *Design part* (desain komponen) dengan CATIA V5 Release 20 akan menghasilkan gambar yang sesuai dengan hasil produk sesungguhnya. Sehingga produk yang telah didesain dapat dilihat secara nyata dalam tampilan tiga dimensi, sehingga kita bisa mengetahui secara detail bagian dari produk tersebut.

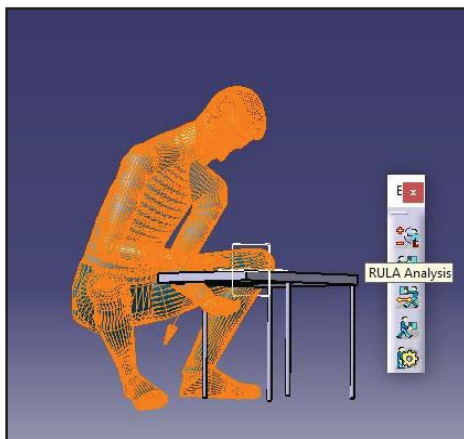
Berikut merupakan langkah-langkah melakukan analisa RULA menggunakan CATIA V5R20 sebagai berikut:

1. Klik *mannequin* (maniki 1) pada lembar kerja, seperti gambar di bawah ini:



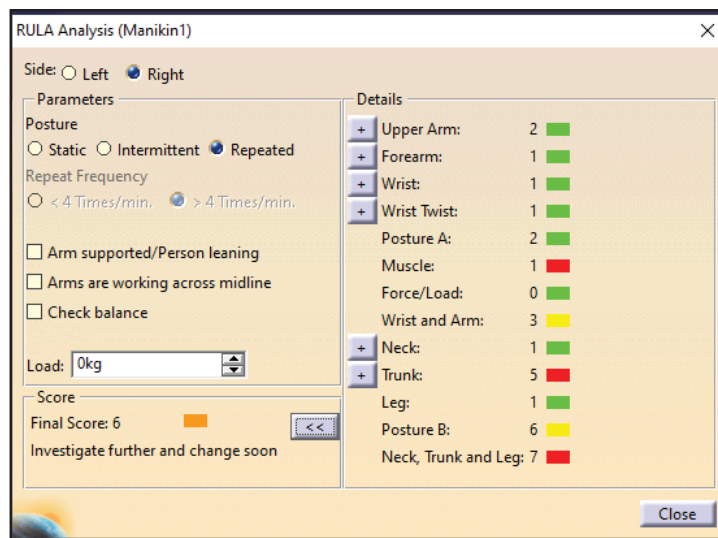
**Gambar 2.5** Tahap 1 Pemanggilan RULA [16]

2. Setelah itu klik *RULA Analysis*, seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 2.6** Tahap 2 RULA Analysis [16]

3. Hasil pengolahan data menggunakan RULA dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 2.7** Hasil Analisa RULA [16]



## 2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini berupa jurnal. Penjelasan penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.4** Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian/Tahun	Judul Penelitian	Metode/ Pembahasan	Hasil Penelitian	Publikasi
1.	Wahju Wulandari, Bagus Wahyu Pratama, dan Naila Aunika Yusuf (2021)	Mesin Pengiris Tempe Semi Otomatis Sistem Pisau Berputar Untuk Peningkatan Produktivitas Umkm Keripik Tempe Ardani Malang	Perancangan Produk	Mesin pengiris tempe semi otomatis dengan spesifikasi ukuran panjang 30 cm, lebar 50 cm, tinggi 20 cm. Mesin ini mampu menghasilkan irisan 120 irisan/menit, jika dilakukan dengan cara manual hasil yang didapat 30 irisan/menit. Mesin semi otomatis dengan pisau berputar mampu memberikan kualitas proses pengirisan tempe menjadi ukuran yang standar 5 mm, sehingga keripik tempe yang dihasilkan mampu memberikan proses kematangan yang rata.	Jurnal Aplikasi dan Inovasi Ipteks Soliditas Vol. 4, No. 2, Oktober (2021) p-ISSN: 2620-5076 e-ISSN: 2620-5068
2.	Agung Purwo Utomo dan Qomarotun Nurlaila (2021)	Perancangan Mesin Pengiris Tempe Semi Otomatis Dengan Arah Pengirisan Horizontal	Perancangan Produk	Mesin pengiris tempe semi otomatis. Kinerja mesin ini belum sesuai dengan perancangan dimana ketika digunakan untuk mengiris tempe 98% irisan tidak layak dan hanya 2% layak. Tetapi ketika digunakan untuk mengiris ketela pohon, kentang, dan wortel irisan yang dihasilkan 98% irisan layak dan 2% tidak layak. Mesin yang dirancang untuk mengiris tempe tidak berhasil untuk mengiris tempe tetap berhasil untuk mengiris ketela pohon, kentang, dan wortel.	Jurnal Program Studi Teknik Industri Universitas Riau Kepulauan Batam Vol. 9, No. 2; 252-261, Desember (2021) p-ISSN: 2301-7244 e-ISSN: 2598-9987

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Penelitian/Tahun	Judul Penelitian	Metode/ Pembahasan	Hasil Penelitian	Publikasi
3.	Putu Eka Dewi Karunia Wati dan Hery Murnawan (2022)	Perancangan Alat Pembuat Mata Pisau Mesin Pemotong Singkong Dengan Mempertimbangk an Aspek Ergonomi	Perancangan Produk dan Pertimbangan Antropometri	Alat pembuat mata pisau gelombang dengan kualitas yang baik dan hanya membutuhkan waktu 20 detik untuk menghasilkan satu mata pisau. Alat pembuat mata pisau bentuk gelombang ini mampu memproduksi pisau gelombang hingga 1.260 pcs per hari yang dapat digunakan untuk membuat 315 mesin pemotong singkong. Sehingga hasil produksi pisau berbentuk gelombang dapat menjadi <i>stock</i> untuk pembuatan mesin pemotong singkong dalam 20 hari ke depan.	Jurnal Integrasi Sistem Industri Vol. 9, No. 1, Februari (2022) P-ISSN 2301- 7244 E-ISSN 2598- 9987
4.	Nofirza, Gunawan Prayogi, Ira Setyaningsih, dan Wresni Anggraini (2018)	Perancangan Alat Bantu Panen Nanas Yang Ergonomi	Perancangan Produk, Pertimbangan Antropometri, NBM, dan RULA	Alat bantu panen nanas dengan hasil rancangan pisau pemotong bertangkai Panjang dilengkapi dengan gerobak dan bak penampung hasil panen. Hasil pengujian diperoleh bahwa alat bantu dapat mempercepat waktu proses pemotong nanas sebesar 23,49%. Hasil analisa dengan RULA menghasilkan skor 3 dari dimana skor RULA sebelum perbaikan adalah 7. Hasil kuesioner NBM sebelum perbaikan yaitu terdapat 15 bagian tubuh yang mengalami sakit, setelah perbaikan turun menjadi 3 bagian tubuh yang sakit yaitu sakit lengan atas kanan, sakit pada siku kanan, dan sakit lengan bawah kiri.	Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri. Vol. 2, No. 2, November (2018) p-ISSN: 2579- 7271 e-ISSN: 2579- 5406

**Tabel 2.4** Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Penelitian/Tahun	Judul Penelitian	Metode/ Pembahasan	Hasil Penelitian	Publikasi
5.	Nur Syafiq dan Enty Nur Hayati (2020)	Perancangan dan Pengembangan Alat Pemotong <i>Styrofoam</i> Semi Otomatis Menggunakan Metode RULA di Desa Kalisari	Perancangan Produk, Pertimbangan Antropometri, dan RULA	Fasilitas kerja berupa alat pemotong <i>styrofoam</i> semi otomatis. Hasil analisa postur kerja dengan metode RULA menghasilkan skor RULA 3 dengan level kecil dimana skor RULA sebelum perbaikan sebesar 7. Alat ini dapat membantu dalam pemotongan <i>styrofoam</i> dengan mudah dan rapi dibandingkan dengan proses manual yang sebelumnya. Penggunaan alat ini dapat diatur ukurannya hingga 70 cm dan dapat juga memotong hingga kemiringan 45°.	Jurnal Dinamika Teknik Vol. 13, No. 1, Januari (2020), ISSN: 1412- 3339

Berdasarkan tabel 2.14, Wulandari, dkk melakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat mesin pengiris tempe otomatis untuk meningkatkan produktivitas keripik tempe dan mengetahui efisiensi mesin pengiris tempe otomatis pada UMKM Ardani. Mesin pengiris tempe dengan spesifikasi ukuran Panjang 30 cm, lebar 50 cm, tinggi 20 cm menghasilkan irisan 120 irisan/menit, jika dilakukan dengan cara manual hasil yang didapat 30 irisan/menit. Kemudian Utoma, dkk melakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat waktu pengirisan tempe menjadi lebih cepat, proses pengirisan lebih aman, serta mendapatkan irisan tempe yang tebalnya konsisten dan sesuai dengan target. Mesin yang dirancang untuk mengiris tempe tidak berhasil untuk mengiris tempe tetapi berhasil untuk mengiris ketela pohon, kentang dan wortel. Selanjutnya Eka, dkk melakukan penelitian yang bertujuan untuk perancangan alat yang dapat membuat mata pisau berbentuk gelombang yang dapat digunakan untuk mata pisau mesin pemotong singkong yang diproduksi oleh UKM Doa Emak menggunakan pendekatan antropometri. Hasil uji menghasilkan mata pisau gelombang dengan kualitas yang baik dan hanya membutuhkan waktu 20 detik untuk menghasilkan satu mata pisau.

Nofirza, dkk melakukan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan alat bantu pemanen nanas yang ergonomis sehingga dapat mengurangi resiko cedera

pada saat bekerja dengan mengidentifikasi keluhan operator menggunakan NBM dengan evaluasi RULA. Hasil pengukuran menggunakan metode RULA semula skor 7 menjadi skor 3, rata-rata waktu baku yang diperoleh semula 74,17 detik/nanas menjadi 56,72 detik/nanas, hasil NBM dari semula 15 bagian tubuh yang mengalami cedera menjadi 3 bagian tubuh. Selanjutnya Syafiq & Hayati melakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat alat pemotong *styrofoam* semi otomatis yang dapat memudahkan dan meningkatkan kinerja UKM Dekor Garuda dengan metode RULA. Hasil pengukuran dengan metode RULA menghasilkan skor 3 dengan level kecil.

## 2.10 Posisi Penelitian

Berikut ini merupakan posisi dari penelitian terdahulu dan posisi penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

**Tabel 2.5** Menunjukkan Posisi Penelitian

No.	Peneliti	Tahun	Perancangan Produk	Metode / Pendekatan			Tempat Penelitian
				Antropometri	RULA	NBM	
1.	Wulandari, dkk	2021	✓				UMKM keripik tempe Ardani Malang
2.	Utomo, dkk	2021	✓				UMKM keripik tempe
3.	Eka, dkk	2022	✓	✓			Keripik singkong UD Doa Emak
4.	Nofita, dkk	2018	✓	✓	✓	✓	Petani nanas Desa Kualu Riau
5.	Syafiq & Hayati	2020	✓	✓	✓		UKM dekor Garuda Desa Kalisari
6.	Meliyani	2023	✓	✓	✓	✓	UMKM Cita Rasa Mandiri