

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa penelitian yang telah dilakukan dan penelitian yang akan dilakukan penulis.

#### 2.2. Penelitian Terdahulu

Dari beberapa penelitian terdahulu banyak berbicara mengenai pentingnya ukuran antropometri pada penggunaan alat-alat pertanian. Selain itu beberapa penelitian juga mengacu pada pengetahuan akan pentingnya merancang suatu alat atau sistem dengan menggunakan atau memperhatikan antropometrinya. Pada penelitian terdahulu juga berbicara mengenai ukuran untuk pria pada perancangan alat pertanian. Adapun peneliti terdahulu tersebut adalah Widanarti dkk (2013), Vanderwall dkk (2011), Syaib (2015), Koekoeh dan Soni (2014), Koekoeh dan Soni (2016).

Widanarti dkk (2013) Melakukan modifikasi ukuran cangkul di Papua Barat pada petani wanita. Aktivitas mencangkul dengan pegangan cangkul yang pendek mengakibatkan postur pekerja menjadi bungkuk, sehingga membuat pekerja mengalami nyeri punggung belakang. Situasi yang berkepanjangan dan kronis ini akan terjadi dampak negatif pada kesehatan mereka. Cangkul yang biasanya digunakan oleh perempuan Marind Anim dalam mengolah tanah tidak ergonomis, karena melibatkan penekukan tubuh hampir 90 derajat. Pada penelitian ini didapatkan ukuran cangkul menggunakan angka Fibonacci, rumusnya adalah dikembangkan untuk menentukan panjang ergonomis cangkul tangan dengan memadukan panjang bahu, panjang kaki, dan panjang tangan sebagai berikut: panjang cangkul =  $1.057 (\text{Panjang bahu}) + 1,495 (\text{panjang lutut ke plantar}) - 1,142$  dari jarak bahu ke ujung jari.

Vanderwall dkk (2011) penelitian ini membahas mengenai evaluasi penggunaan jangka panjang cangkul yang memiliki ukuran panjang dan pendek pada petani sayuran perempuan di Afrika Barat, serta mengidentifikasi indikator-indikator yang mempengaruhi penggunaan cangkul. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran denyut jantung setiap petani sebelum dan sesudah mencangkul. Desain ulang

cangkul dengan mengambil sampel sebanyak 48 petani, dan didapatkan ukuran cangkul dengan tipe pendek dan panjang. Dari hasil yang didapat, dua bulan setelah uji coba awal, 75% subjek lebih menyukai cangkul baru yang berukuran lebih Panjang dari pada cangkul berukuran pendek dengan aktivitas sama.

Syuaib (2015) melakukan studi mengenai antropometri pekerja pertanian di Pulau Jawa, Indonesia, dan melakukan perbandingan dengan petani di wilayah Asia, Eropa, dan Amerika serta implikasinya untuk desain alat pertanian. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah dimensi petani antropometri pekerja pertanian Indonesia ditemukan mirip dengan pekerja India; Namun, relatif lebih kecil dari Filipina, Jepang, Cina, Brasil, Pekerja Turki, Inggris dan Amerika, untuk laki-laki dan perempuan. Pada penelitian ini juga didapatkan bahwa sebagian besar petani Indonesia masih menggunakan alat-alat pertanian tradisional seperti cangkul, sabit, dan lainnya. Ditemukan kurang ergonomisnya ukuran-ukuran pada petani di Indonesia karena pembuatannya yang masih kurang memperhatikan ukuran yang ada pada anthropometri. Hasil penelitian ini nantinya akan mengacu pada perancangan alat pertanian di wilayah Indonesia yang akan dilanjutkan di penelitian selanjutnya.

Koekoeh dan Soni (2014) melakukan penelitian di daerah Jawa Timur, Indonesia. Studi ini mengungkapkan bahwa pengukuran antropometri petani di Jawa sebagian besar lebih tinggi dari pada petani di Madura. Nilai minimum, rata-rata, dan perawakan maksimum adalah 146,3, 159,0, 174,6 cm untuk petani pria di Jawa dan 143.0, 156.3, 173.8 cm untuk petani pria Madura. Nilai minimum, rata-rata, dan tinggi maksimum peetani perempuan di Jawa dan Madura masing-masing adalah 137,7, 152,5, 167,3 cm dan 137,4, 150,1, 167,7 cm. indeks massa tubuh (BMI) adalah 22,4, 22,88 untuk pria dan 22,38, 22,75 kg / m<sup>2</sup> untuk petani wanita Jawa dan petani Madura. Dengan menggunakan Prinsipal Component Analysis (PCA) dengan rotasi varimax, preferensi peringkat pertama petani adalah keamanan untuk perkakas tangan, dan kemudian diikuti dengan pengan yang pas di tangan, mudah digunakan, andal dan tidak meradang pada kulit. Untuk alat-alat tangan pertanian, petani lebih memilih kinerja utilitarian daripada kinerja hedonis. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pria dan wanita Jawa dan Madura diklasifikasikan menjadi berkaki panjang. Selanjutnya, nilai rata-rata luas permukaan tubuh (BSA) dan indeks massa tubuh (BMI) petani Jawa sedikit lebih tinggi dari nilai petani Madura. Sebagian besar petani menyukai alat-alat

tangan yang aman, dan kemudian diikuti dengan kecocokan di tangan, mudah digunakan, dapat diandalkan, dan tidak menyebabkan kulit yang meradang. Dimensi alat-alat tangan pertanian dianalisis dengan menggunakan PCA dengan rotasi varimax, petani lebih menyukai kinerja utilitarian dari pada kinerja hedonis.

Koekoeh dan Soni (2016) Petani di Jawa Timur, Indonesia memiliki pendapat tentang alat-alat tangan pertanian yang mereka kenakan. Dalam kegiatan bertani mereka terluka karena penggunaan peralatan pertanian. Cedera paling banyak ada di tangan. Cedera tubuh petani terdiri dari luka di tangan, lengan, kaki, paha, dan kaki. Selain itu petani juga mengeluh menderita kelelahan di punggung atas, punggung tengah, dan punggung bagian bawah. Sebagian besar petani menyukai alat-alat tangan yang aman, dan kemudian dan pas di tangan, mudah digunakan, andal untuk kulit tidak meradang pada akhirnya. Petani merasa kelelahan / tidak nyaman di berbagai tingkatan bagian tubuh mereka saat menggunakan alat pertanian. Mayoritas petani mengeluh mengalami kelelahan di punggung bagian atas (92,8%), pertengahan belakang (93,6%), dan punggung bawah (91,8%), masing-masing. Rancangan kriteria utama ketiga alat-alat tangan pertanian berdasarkan survei memiliki hasil yang aman, bagus dan pas di tangan, dan mudah digunakan. Didapatkan hasil dari penelitian dimensi antropometri petani, dimensi yang direkomendasikan untuk panjang sabit dan besar / panjang pegangannya adalah 12,4 cm. Selanjutnya, diameter sabit dan pegangan pisau besar / panjang yang direkomendasikan adalah 3,0 cm. Demikian pula, diameter cangkul, garu, dan sekop dianjurkan menjadi 3,0 cm.

### **2.3 Penelitian Sekarang**

Penelitian sekarang membahas mengenai suatu perancangan ulang pada alat pertanian berupa cangkul. Penelitian ini dilakukan di Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Perancangan ini bertujuan untuk mengurangi penyakit jangka panjang yang disebabkan karena alat pertanian yang digunakan yaitu cangkul belum ergonomis. Metode yang digunakan pada perancangan cangkul ini adalah metode rasional.

### **2.4. Landasan Teori**

### 2.4.1. Kajian dalam Ergonomi

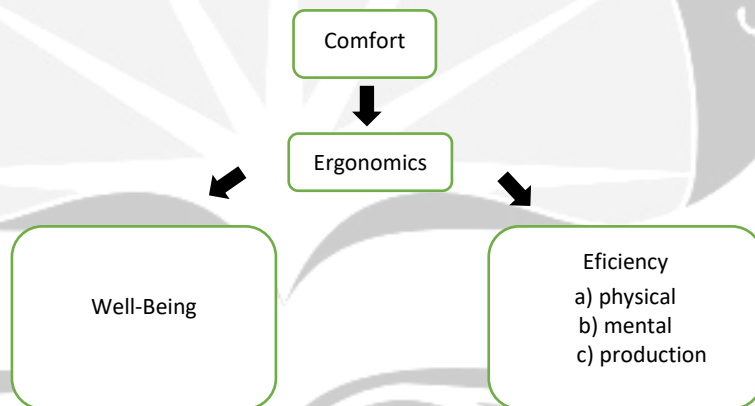
Perancangan alat yang berhubungan dengan manusia tentunya tidak lepas dari kajian ilmu ergonomi. Dengan mempertimbangkan faktor yang ada pada ergonomi tentunya akan membuat suatu rancangan menjadi lebih baik.

a. Ergonomi sendiri mempunyai arti yang luas. berikut akan dijabarkan beberapa pengertian ergonomi yang berhubungan desain dan pekerjaan :

b. Ergonomi adalah aplikasi ilmiah tentang manusia (dan metode ilmiah untuk memperoleh informasi tersebut) untuk masalah desain (Pheasant, 2003).

c. Ergonomi adalah studi tentang kemampuan dan karakteristik manusia yang mempengaruhi desain peralatan, system, dan pekerjaan (Corlett & Clark, 1995).

Berdasarkan pengertian para ahli pada uraian di atas maka dapat diartikan bahwa ergonomi adalah suatu aplikasi yang berguna untuk mengetahui suatu perancangan yang efektif, efisien, dan aman, yang nantinya perancangan tersebut digunakan oleh manusia agar terciptanya lingkungan kerja yang produktif.



**Gambar 2.1** Tujuan Ergonomi (Pulat, 1992)

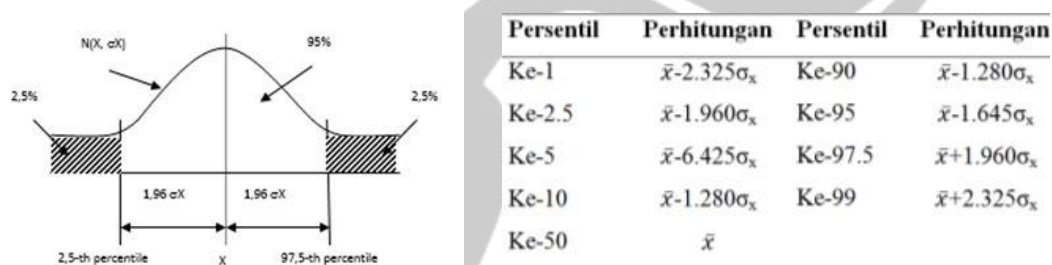
Berdasarkan gambar 2.1 tersebut dijelaskan bagaimana peranan ergonomi. Digambarkan bahwa ergonomi mempengaruhi objek yang akan digunakan manusia (Pulat, 1992). Intinya jika suatu peralatan, mesin, atau apapun yang dapat membantu pekerja dalam bekerja dirancang sesuai dengan keterbatasan operatornya maka akan dihasilkan performansi yang lebih baik. Dengan demikian ergonomi dapat berperan dalam memaksimalkan rancangan sesuai dengan kebutuhan manusia.

### 2.4.2. Anthropometri

Jika berbicara mengenai ergonomi maka hal yang tidak bias lepas dari bagian ergonomi yaitu anthropometri. Anthropometri sendiri merupakan suatu ukuran pada tubuh manusia (Roebrock, 1995). Beberapa para pakar juga menyebut anthropometri berhubungan dengan dimensi tubuh pada manusia (Wignjosoebroto, 2000). Kebanyakan data anthropometri biasanya digunakan untuk merancang suatu lingkungan kerja, alat kerja, maupun beberapa fasilitas yang digunakan pada saat kerja. Adanya data anthropometri ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang efektif, efisien, serta nyaman agar menghasilkan suatu keadaan yang ergonomis. Pada buku *Introduction to Ergonomics* Bridger (2003) menjelaskan bahwa jika ingin mendapatkan rancangan yang maupun desain yang baik, langkah yang pertama dilakukan yaitu menentukan populasi sebanyak-banyaknya agar dapat menentukan *range* yang normalnya 90% dari populasi.

Populasi yang dituju juga harus sesuai dengan kriteria rancangan. Jika melihat pada rancangan yang akan dilakukan yaitu merancang ulang cangkul, tentunya populasi yang akan dituju adalah pekerja langsung yang melakukan pekerjaan mencangkul yaitu petani.

Pada suatu distribusi normal, anthropometri dapat diterapkan dengan mengetahui *mean* (nilai rata-rata), simpangan baku (*standar deviation*), dari pengukuran tubuh manusia. Selain itu didapat pula persentil, yang berguna untuk membedakan antara dimensi tubuh yang besar dan dimensi tubuh yang kecil.



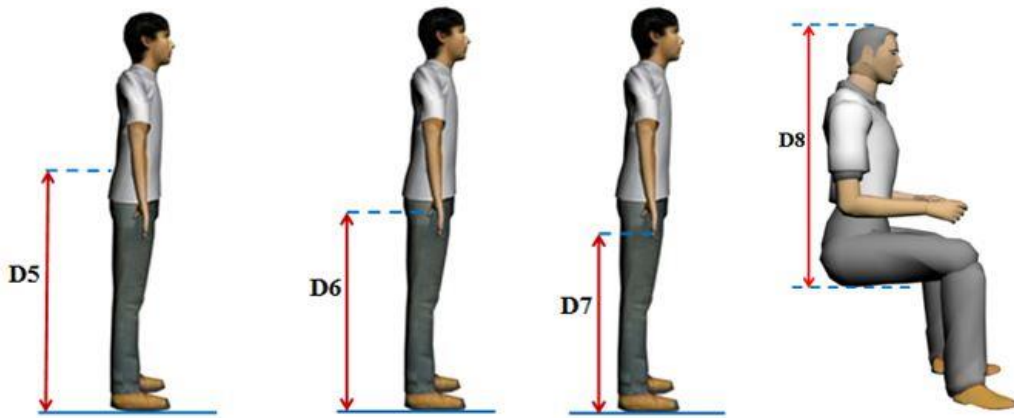
**Gambar 2.2** Distribusi normal dan perhitungan persentil  
 Sumber : Stevenson (1989) diacu dalam Nurmianto (2004)

Pada umumnya hanya persentil dari range persentil ke-5 sampai dengan persentil ke-95. Jika hendak mendesain suatu alat yang dapat diatur sesuai dengan operator, hendaknya memperhatikan posisi-posisi umum seperti pegangan, posisi tempat operator duduk, sebaiknya rancangan tersebut dirancang menggunakan persentil ke-5 dan persentil ke-95 (Zander 1972). Apabila ingin merancang fasilitas yang digunakan umum yang akan dipakai semua orang maka persentil yang dipakai adalah persentil ke-100, misalnya perlengkapan-perengkapan yang ada di rumah sakit atau peralatan pada fasilitas umum.

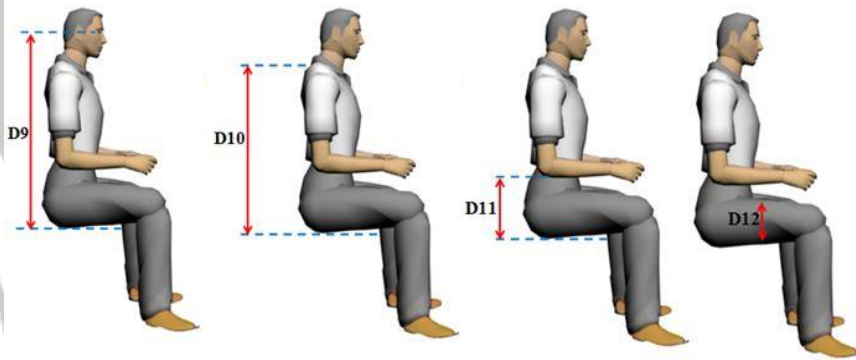
Ada dua tipe pada pengukuran antropometri yaitu tipe struktural dan dinamik (Mc. Cormick dan Sanders, 1992). Pada saat keadaan tubuh diam seperti tinggi badan, tinggi bahu, lebar pinggul, dan lainnya, keadaan tersebut termasuk dalam tipe struktural. Pada saat keadaan tubuh bergerak atau saat melakukan suatu aktivitas termasuk dalam tipe dinamik. Penerapannya sendiri, data antropometri digunakan untuk mencari data-data utama seperti tinggi badan, tinggi bahu, namun untuk mendapatkan data yang lebih terperinci lagi dapat disesuaikan dengan kebutuhan desain seperti panjang jari dan yang lainnya.



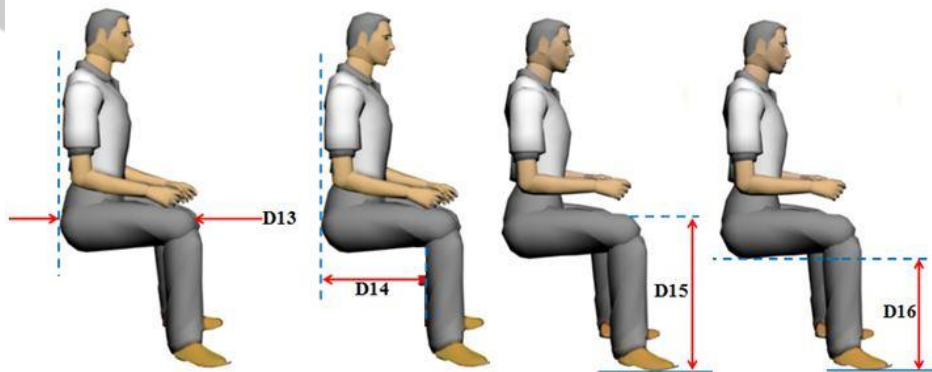
DIMENSI TINGGI PINGGUL    DIMENSI TINGGI TULANG RUAS    DIMENSI TINGGI UJUNG JARI    DIMENSI TINGGI DALAM POSISI DUDUK



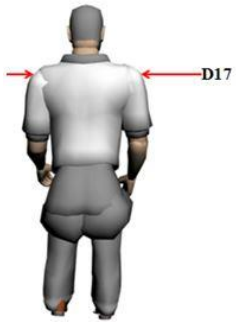
DIMENSI TINGGI MATA DALAM POSISI DUDUK    DIMENSI TINGGI BAHU DALAM POSISI DUDUK    DIMENSI TINGGI SIKU DALAM POSISI DUDUK    DIMENSI TEBAL PAHA



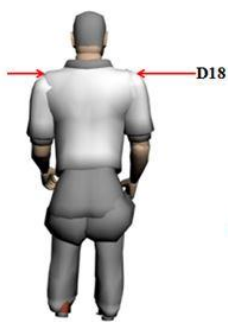
DIMENSI PANJANG LUTUT    DIMENSI PANJANG POPLITEAL    DIMENSI TINGGI LUTUT    DIMENSI TINGGI POPLITEAL



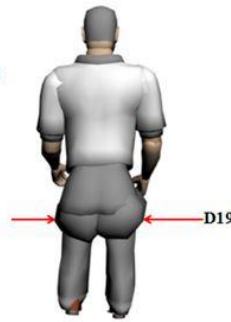
DIMENSI LEBAR SISI BAHU



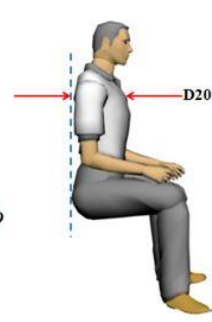
DIMENSI LEBAR BAHU BAGIAN ATAS



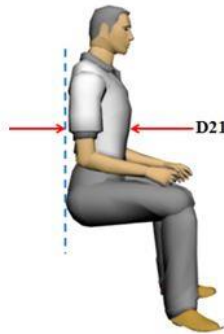
DIMENSI LEBAR PINGGUL



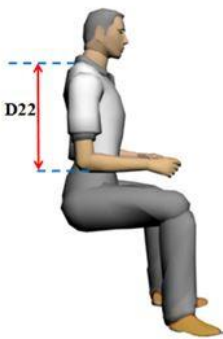
DIMENSI TEBAL DADA



DIMENSI TEBAL PERUT



DIMENSI PANJANG LENGAN ATAS



DIMENSI PANJANG LENGAN BAWAH



DIMENSI PANJANG RENTANG TANGAN KE DEPAN



DIMENSI PANJANG BAHU-GENGAMAN TANGAN KE DEPAN



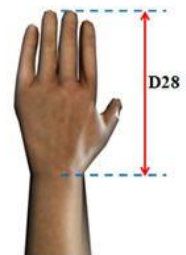
DIMENSI PANJANG KEPALA



DIMENSI LEBAR KEPALA



DIMENSI PANJANG TANGAN

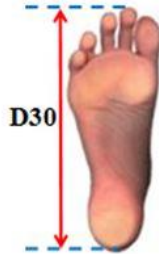




DIMENSI LEBAR TANGAN



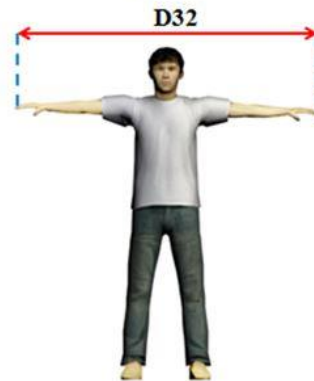
DIMENSI PANJANG KAKI



DIMENSI LEBAR KAKI



DIMENSI PANJANG  
RENTANGAN TANGAN KE  
SAMPING



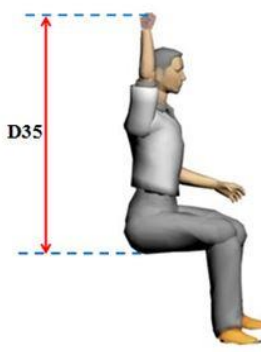
DIMENSI PANJANG  
RENTANGAN SIKU



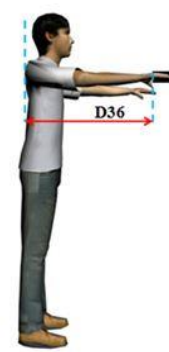
DIMENSI TINGGI  
GENGGAMAN TANGAN KE  
ATAS DALAM POSISI  
BERDIRI



DIMENSI TINGGI  
GENGGAMAN TANGAN KE  
ATAS DALAM POSISI  
DUDUK



DIMENSI PANJANG  
GENGGAMAN TANGAN KE  
DEPAN



Gambar 2.3 Dimensi Pengukuran Antropometri

#### 2.4.3. REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

*Rapid Entire Body Assessment* merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis postur tubuh secara keseluruhan dengan pemberian nilai dan level kerja musculoskeletal. Nilai yang dihasilkan dari penilaian tersebut menunjukkan seberapa besar tingkat bahaya dari pekerjaan itu. Diperkenalkan oleh Hignett, S., dan McAtamney, L. *REBA* digunakan untuk aktivitas pada tubuh secara keseluruhan (statis atau dinamis) dan dapat digunakan dengan observasi secara langsung atau dengan video (Hignett & McAtamney, 2000).

*REBA* disajikan dalam bentuk table di mana table tersebut terdiri dari dua bagian tubuh yaitu bagian A dan bagian B. Pada bagian A terdiri dari lengan atas, lengan bawah, serta pergelangan tangan. Sedangkan pada bagian B terdiri dari leher, batang

tubuh, dan kaki. Nantinya masing masing bagian A dan B) akan menghasilkan nilai, dan nilai inilah yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui level pada resiko serta tindakan apa yang perlu dilakukan.

Langkah-langkah dalam analisis *REBA* adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil gambar berupa data pekerja yang sedang melakukan pekerjaan.
- b. Menentukan bagian-bagian tubuh yang akan dianalisis dengan menggunakan *REBA*.
- c. Menentukan nilai untuk masing-masing postur tubuh sesuai dengan *REBA Employee Assessment Worksheet*.
- d. Menentukan nilai postur tubuh di setiap grup (A dan B) dengan melihat tabel penilaian A dan B.
- e. Menentukan nilai A dengan menjumlahkan nilai postur tubuh dengan berat atau gaya yang digunakan.
- f. Menentukan nilai B dengan menjumlahkan nilai postur tubuh B dengan factor pegangan.
- g. Menentukan nilai C dengan melihat tabel penilaian C.
- h. Menentukan nilai dari aktivitas yang dilakukan.
- i. Menjumlahkan nilai C dan nilai aktivitas untuk mendapatkan nilai terakhir analisis *REBA*.
- j. Menentukan level resiko dan mengambil keputusan perbaikan
- k. Membuat desain, fasilitas, metode kerja untuk mendapatkan perbaikan.
- l. Mengimplementasi dan mengevaluasi kembali perbaikan yang diusulkan.
- m. Penilaian ulang dengan menggunakan metode *REBA* untuk perbaikan yang telah diimplementasikan.
- n. Mengevaluasi perbandingan nilai *REBA* untuk kondisi sebelum dan sesudah perbaikan.

**REBA Employee Assessment Worksheet**

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

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

**Step 1: Locate Neck Position**  
 -1 15° +2 30° +3 45° +4 60°  
 Step 1a: Adjust...  
 If neck is twisted: -1  
 If neck is side bending: +1

**Step 2: Locate Trunk Position**  
 -1 15° +2 30° +3 45° +4 60°  
 Step 2a: Adjust...  
 If trunk is twisted: -1  
 If trunk is side bending: +1

**Step 3: Legs**  
 -1 15° +2 30° +3 45° +4 60°  
 Adjust: 30-60° +60  
 Add +1 Add +2

**Step 4: Look-up Posture Score in Table A**  
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

**Step 5: Add Force/Load Score**  
 If load = 11 lbs: +0  
 If load = 11 to 22 lbs: +1  
 If load = 22 lbs: +2  
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

**Step 6: Score A. Find Row in Table C**  
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.  
 Find Row in Table C.

**Scoring:**  
 1 = negligible risk  
 2 or 3 = low risk, change may be needed  
 4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon  
 8 to 10 = high risk, investigate and implement change  
 11+ = very high risk, implement change

**SCORES**

**Table A**

	Neck		
	1	2	3
Legs	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Trunk Posture Score	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12
Force/Load Score	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12
Score A	5 4 6 7 8 6 7 8 9 7 8 9 9		

**Table B**

	Lower Arm	
	1	2
Wrist	1 2 3 1 2 3	
Upper Arm Score	1 1 2 2 1 2 3	2 1 2 3 2 3 4
Force/Load Score	3 3 4 5 4 5 5	4 4 5 6 5 6 7
Score B	5 6 7 8 7 8 8	6 7 8 8 8 9 9

**Table C**

Score A (row from Table A + load force score)	Score B (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	4	5	6	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	8	8	8	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

**B. Arm and Wrist Analysis**

**Step 7: Locate Upper Arm Position:**  
 -1 15° +2 30° +3 45° +4 60°  
 Step 7a: Adjust...  
 If shoulder is raised: -1  
 If upper arm is abducted: -1  
 If arm is supported or person is leaning: -1

**Step 8: Locate Lower Arm Position:**  
 -1 15° +2 30°  
 Step 8a: Adjust...  
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

**Step 9: Locate Wrist Position:**  
 -1 15° +2 30°  
 Step 9a: Adjust...  
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

**Step 10: Look-up Posture Score in Table B**  
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

**Step 11: Add Coupling Score**  
 Well fitting Handle and mid range power grip: good: +0  
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: fair: +1  
 Hand hold not acceptable but possible: poor: +2  
 No handles, awkward, unsafe with any body part: unacceptable: +3

**Step 12: Score B. Find Column in Table C**  
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

**Step 13: Activity Score**  
 +1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)  
 +1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)  
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

**Final REBA Score**

Task name: \_\_\_\_\_ Reviewer: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in REBA. © 2004 Human Consulting, Inc. provided by Practical Ergonomics rburker@ergosmart.com (816) 444-1667

**Gambar 2.4 REBA worksheet (ergo-plus.com)**

**2.2.5. Skala Pengukuran**

Berdasarkan skala pengukuran, pengelompokan data dapat dibagi menjadi dua yaitu data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif merupakan data yang dapat diukur seperti data tinggi badan. Sedangkan data kualitatif merupakan data nonmetrik. Berikut data yang akan dianalisis dengan menggunakan *software Microsoft excel 2016* Adapun persamaan untuk mencari rata-rata adalah :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- $\bar{X}$  = rata-rata
- $\sum x$  = jumlah seluruh data
- $x$  = banyaknya data

**2.2.6 Analisis Gaya, Momen, dan Fungsi Trigonometri**

Dalam ilmu biomekanika terdapat tiga jenis gaya pada system organ gerak manusia yaitu gaya gravitasi, gaya reaksi, dan gaya otot (Wignjosoebroto, 2000) :

- a. Gaya gravitasi merupakan gaya yang melalui pusat massa dari segmen tubuh manusia dengan arah ke bawah. Besar gayanya adalah massa di kali percepatan gravitasi :

$$F = M \times g \quad (2.2)$$

- b. Gaya reaksi merupakan gaya yang terjadi akibat beban atau berat pada segmen tubuh itu sendiri.
- c. Gaya otot merupakan gaya yang terjadi akibat adanya gesekan sendi atau otot yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya momen otot.

Hukum kesetimbangan gaya menyatakan bahwa penjumlahan aljabar dari semua gaya yang bekerja pada suatu benda dalam keadaan kesetimbangan statis adalah sama dengan nol. Gaya-gaya dibedakan dalam dua arah, yaitu vertikal dan horizontal

$$\Sigma F_x = 0 ; \text{ untuk arah horizontal} \quad (2.3)$$

$$\Sigma F_y = 0 ; \text{ untuk arah vertical} \quad (2.4)$$

Dalam keadaan setimbang, penjumlahan aljabar dari semua gaya yang bekerja pada suatu benda bernilai nol.

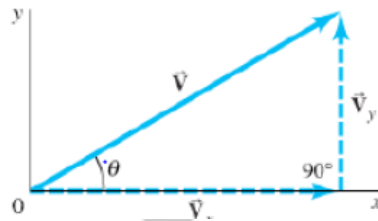
$$\Sigma M = 0 \quad (2.5)$$

Penggunaan fungsi trigonometri digunakan untuk menemukan komponen vector yang diilustrasikan pada Gambar 2.5. vector tersebut terdapat pada bagian sisi segita siku-siku (Giancoli, 2005)

$$\sin \theta = \frac{\text{Sisi depan}}{\text{hitpotenusa}} = \frac{V_y}{V} \quad (2.6)$$

$$\cos \theta = \frac{\text{Sisi samping}}{\text{hitpotenusa}} = \frac{V_x}{V} \quad (2.7)$$

$$\sin \theta = \frac{\text{Sisi depan}}{\text{sisi samping}} = \frac{V_y}{V_x} \quad (2.8)$$



**Gambar 2.5 Vektor Trigonometri (Giancoli, 2005)**

### 2.2.7. Analisis Genggaman

Menurut Napier (1956) yang diacu dalam Pheasant (2003), teori genggaman tangan ada dua yaitu :

- a) Genggaman kekuatan (*power grip*), pada posisi ini jempol dan jari-jari lainnya digunakan untuk menggenggam (melingkari) objek secara berlawanan.
- b) Genggaman keakuratan (*precision grip*), pada posisi ini ibu jari dan jari telunjuk digunakan memegang objek.



**Gambar 2.6. Perbedaan *power grip* dan *precision grip***

### 2.2.8. Analisis Fisiologi Kerja

Fisiologi kerja merupakan studi yang mempelajari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja serta kelelahan selama otot bekerja. Fungsi utama pada fisiologi adalah suatu sistem yang mengatur tubuh manusia untuk melakukan pekerjaan tanpa merasakan kelelahan yang berlebih sehingga saat pekerjaan selesai manusia dapat memulihkan diri dan menikmati saat individu tersebut tidak bekerja (Kodrat, 2013). Fisiologi kerja dibagi menjadi dua yaitu kerja fisik dan kerja mental. Pada penelitian ini yang akan digunakan yaitu kerja fisik.

Kerja fisik akan mengukur konsumsi energi yang dikeluarkan dalam melakukan suatu pekerjaan. Berikut persamaannya (Astuti, 1985) :

$$Y = 1.80441 - 0.0229038X + 4.71733 \times 10^{-4}X^2 \quad (2.9)$$

Y = besarnya energi (kilokalori/menit)

X = besar denyut nadi/ menit

Dari persamaan tersebut dapat di kategorikan pada tabel 2.1. konsumsi energi :

**Tabel 2.1. Klasifikasi beban kerja dan reaksi fisiologis**

Tingkat Pekerjaan	Energy Expenditure		Detak Jantung	Konsumsi Energi
	Kkal / menit	Kkal / 8jam	Detak / menit	Liter / menit
<i>Undully Heavy</i>	>12.5	>6000	>175	>2.5
<i>Very Heavy</i>	10.0 – 12.5	4800 – 6000	150 – 175	2.0 – 2.5
<i>Heavy</i>	7.5 – 10.0	3600 – 4800	125 – 150	1.5 – 2.0
<i>Moderate</i>	5.0 – 7.5	2400 – 3600	100 – 125	1.0 – 1.5
<i>Light</i>	2.5 – 5.0	1200 – 2400	60 – 100	0.5 – 1.0
<i>Very Light</i>	< 2.5	< 1200	< 60	< 0.5

Selanjutnya dilakukan perhitungan produktivitas setelah didapatkannya konsumsi energi.

Produktivitas merupakan konsep yang menunjukkan adanya hubungan antara hasil kerja dengan satuan waktu yang dibutuhkan agar dapat menghasilkan produk seorang tenaga kerja (Revianto, 1985).

Menurut Wignjosoebroto (2000), produktivitas secara umum dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input (measurable)} + \text{input (invisible)}} \quad (2.10)$$

Input *invisible* meliputi tingkat pengetahuan, kemampuan teknis, metodologi kerja dan pengaturan organisasi serta motivasi kerja.

Menurut Sumanth (1979) Produktivitas total merupakan rasio antara output terukur (tangible output) terhadap input terukur (tangible input).

Menurut Purwanto (1992) pada jurnalnya yang berjudul Perancangan Cangkul Ergonomis untuk Meningkatkan Kapasitas Kerja Petani dalam Mengolah Tanah Sawah, dengan mengembangkan pengertian produktivitas dari beberap ahli maka didapatkan rumus menghitung produktivitas tiap petani dengan konsumsi energi sebagai input dan kapasitas kerja yang didapat sebagai input dari persamaan :

$$\text{Produktivitas kerja} = \frac{\text{Kapasitas kerja (m2)}}{\text{Energi (kilokalori)}} \quad (2.11)$$

Pada penelitian ini penulis menggunakan rumus untuk menghitung dan membandingkan produktivitas petani dengan menggunakan rumus diatas.

### **2.2.8. Metode Rasional**

Metode rasional memiliki kemiripan dengan metode kreatif dalam perancangan untuk memperlebar informasi untuk mendapatkan solusi yang tepat. Menurut Cross (2005) lebih sering dikenal dengan metode perancangan, karena metode rasional ini dapat mendorong terjadinya pendekatan sistematis dalam proses perancangan serta pengembangan. Penelitian ini menggunakan metode rasional untuk melakukan perancangan secara sistematis pada setiap tahapnya agar hasilnya yang didapat akan maksimal karena dikerjakan dengan detail sesuai tujuan penggunaannya. Dalam menggunakan metode rasional terdapat beberapa tahap seperti klasifikasi tujuan, penetapan fungsi, penetapan spesifikasi, penentuan karakteristik, pembangkitan alternatif, evaluasi alternatif, dan penyempurnaan rancangan.

#### **a. Klarifikasi Tujuan**

Langkah pertama dalam menggunakan metode rasional adalah dengan menentukan klarifikasi tujuan agar tujuan dari penelitian lebih jelas dan spesifik karena tujuan dapat meluas. Tujuan harus menjadi spesifik agar penelitian dapat dilakukan dari dasar yang jelas. Metode yang dapat membantu melakukan langkah ini yaitu adalah menggunakan metode pohon tujuan (*Objective Tree*). Berikut adalah langkah yang perlu untuk diperhatikan untuk membuat pohon tujuan (*Objective Tree*).

i. Menyiapkan daftar tujuan perancangan.

Daftar tujuan perancangan diperoleh dari hasil wawancara atau diskusi terhadap pengguna alat dalam perancangan.

ii. Mengurutkan/menyusun daftar rancangan

Daftar tujuan yang telah didapatkan kemudian diurutkan dalam tingkatan sehingga tujuan dan sub tujuan dikelompokkan pada susunan tingkat hieraki.

iii. Menggambar diagram pohon tujuan (*Objective Tree*).

Pohon tujuan (*Objective Tree*) merupakan sebuah gambaran tujuan hubungan hirarki dan garis hubungannya, dimana hubungan hal-hal yang menjadi tujuan akhir digambarkan melalui rangkaian cabang-cabang.

#### **b. Penetapan Fungsi**

Langkah yang dilakukan setelah melakukan klasifikasi tujuan adalah menetapkan fungsi yang berfungsi untuk menetapkan batasan rancangan alat. Penetapan fungsi dapat menggunakan metode analisis fungsional, dimana tahapannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- i. Menentukan fungsi secara keseluruhan ke dalam perubahan input menjadi output (dijelaskan dalam skema *black box*).
- ii. Menjabarkan seluruh fungsi ke sub-sub fungsi.
- iii. Memvisualisasikan *black box* dengan menggambarkan interaksi antar fungsi (dijelaskan dalam skema *transparent box*).
- iv. Menjelaskan batasan sistem.
- v. Menentukan komponen untuk menampilkan sub fungsi dan kaitannya.

#### **c. Penetapan Spesifikasi**

Langkah setelah fungsi ditetapkan maka selanjutnya adalah tahap penetapan spesifikasi. Pada tahap ini diperlukan spesifikasi kebutuhan yang akurat untuk perancangan. Metode yang digunakan untuk penetapan spesifikasi adalah *Performance Specification Mode* yang memiliki pelaksanaan sebagai berikut:

- i. Menimbang tingkatan solusi yang berbeda-beda yang mungkin dapat diterapkan.
- ii. Menentukan tingkatan operasi.
- iii. Mengidentifikasi beberapa atribut performansi sesuai yang diinginkan.
- iv. Menentukan performansi pada tiap atribut.

#### **d. Penentuan Karakteristik**

Penentuan karakteristik berfungsi untuk menentuka target yang harus didapatkan. Pada tahap ini peneliti dapat menetapkan target secara teknis yang harus diperoleh dari karakter teknis hingga suara konsumen. Metode yang dapat digunakan untuk metode ini adalah (*Quality Function Deployment*) yang dapat menyatukan antara keinginan konsumen dengan karakteristik teknik.

#### **e. Pembangkitan Alternatif**

Pembangkitan alternatif bertujuan untuk mendapatkan solusi-solusi untuk rancangan alternatif. Metode yang digunakan untuk mendapatkan alternatif-alternatif tersebut dapat menggunakan metode *Morphological Chart*. *Morphological Chart* merangsang perancang untuk mendapatkan kombinasi elemen baru. Langkah untuk membuat *Morphological Chart* dijelaskan sebagai berikut:

- i. Menentukan beberapa hal dan fungsi yang penting bagi rancangan alat.
- ii. Menentukan beberapa cara yang dapat dilakukan untuk merealisasi fungsi.
- iii. Menggamambarkan bagan/peta yang memiliki isi semua sub solusi yang memungkinkan.
- iv. Melakukan identifikasi secara kombinasi sub-sub yang mungkin dilaksanakan.



#### **f. Evaluasi Alternatif**

Langkah yang kemudian dilakukan setelah mendapatkan beberapa alternatif, langkah selanjutnya adalah evaluasi alternatif-alternatif tersebut untuk didapatkan evaluasi yang terbaik. Metode evaluasi alternatif yang dapat digunakan adalah metode *Weight Objectives*. Metode ini merupakan alat bantu untuk membandingkan antara alternatif-alternatif yang telah dibangkitkan berdasarkan bobot tujuan. Prosedur untuk melaksanakan metode *Weight Objectives* adalah sebagai berikut:

- i. Membuat daftar atau fungsi tujuan perancangan.
- ii. Membuat urutan tingkat daftar tujuan.
- iii. Menentukan bobot untuk masing-masing tujuan.
- iv. Mendapatkan nilai kegunaan pada setiap tujuan.
- v. Melakukan pertitungan dan perbandingan hubungan nilai kegunaan perancangan alternatif.

#### **g. Penyempurnaan Rancangan**

Penyempurnaan rancangan bertujuan mengembangkan suatu produk/alat serta memperbaiki penampilannya. Selain itu juga dapat membuat produk lebih baik dan menambah nilai daya tariknya. Penyempurnaan rancangan selain dapat menambah nilai produk juga dapat menurunkan biaya produksi. Metode yang dapat digunakan tahap ini yaitu adalah teknik nilai (*Value Engineering*). Berikut adalah tahapan melakukan penyempurnaan rancangan dengan metode teknik nilai (*Value Engineering*):

- i. Menyusun daftar komponen kemudian melakukan identifikasi fungsi komponen-komponennya.
- ii. Menentukan nilai fungsi yang diperhatikan oleh pelanggan.
- iii. Mendapatkan biaya komponen.
- iv. Memeperoleh upaya untuk mereduksi biaya perancangan tanpa mengurangi nilai atau juga daat menambah nilai tanpa menambah biaya perancangan.
- v. Melakukan evaluasi alternatf dan memilih perbaikan.

## 2.2.9. Pengetahuan Bahan

### a. Kayu Jati

Jati merupakan jenis kayu yang sangat banyak diminati masyarakat karena kualitasnya yang bermutu. Jenis kayu ini memiliki tekstur kasar serta memiliki serat yang lurus. Kulit dari kayu ini yaitu berwarna abu-abu kecoklatan. Sementara itu, bagian batang berwarna coklat muda dan bagian dalam berwarna coklat kemerahan. Permukaan kayu jati relatif licin dan memiliki corak yang estetik (Mawardi, P. 2012). Jati juga merupakan golongan kayu mewah (*fancy wood*) serta tahan terhadap gangguan rayap maupun jamur dan mampu bertahan sampai 500 tahun (Suryana, Y. 2001). Secara umum, kayu jati termasuk ke dalam kelas kuat II-III dan kelas awet II. Ciri fisik lainnya dari kayu jati sebagai berikut : Berat jenis 0,62-0,75, keteguhan patah 800-1200 kg/cm<sup>2</sup> dengan penyusutan kering tanur 2,8- 5,2%, keteguhan lentur statik 718 kg/cm<sup>2</sup>, keteguhan tekan sejajar dengan arah serat maksimum 550 kg/cm<sup>2</sup>.

### b. Pipa Besi Medium Hitam

Pipa merupakan rongga yang memiliki bentuk lingkaran biasanya digunakan dalam berbagai macam konstruksi. Nama lain dari pipa hitam yaitu *carbon steel pipe* atau *black steel pipe*. Kekuatan dari besi pipa hitam medium yang baik serta banyak digunakan dalam pekerjaan arsitektural, misalnya pembuatan kanopi, railing tangga, saluran air atau cairan lainnya, tiang konstruksi, dan lainnya. Biasanya dilakukan pengecatan pada pipa hitam medium agar terlihat lebih bagus. Besi pipa hitam terbuat dari bahan baku yang tidak mudah rapuh. Sebab, fungsi dari pipa besi ini sendiri yaitu digunakan dalam konstruksi bangunan untuk menahan beban berat seperti saluran air maupun pondasi. Besi Pipa Hitam terbuat dari baja dan logam campuran lainnya. Cara pembuatannya bisa dengan dilas atau seamless.

Ukuran besi Pipa Hitam Medium bermacam-macam, misalnya 1", 3", 4", 5", 6", dan masih banyak lainnya, dengan ketebalan yang bervariasi. Harga besi pipa hitam medium beragam, tergantung panjang, diameter, dan ketebalan besi pipa hitam medium tersebut.

