

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai *Work-related musculoskeletal disorders* (WMSDs) saat ini sudah cukup banyak dilakukan. Berdasarkan hal tersebut maka perkembangan metode untuk menganalisa postur kerja juga semakin beragam yang disesuaikan dengan kebutuhan dan fokus bidang penelitian. Metode-metode yang telah dikembangkan tersebut secara garis besar dapat dikelompokkan berdasarkan pada teknik pengambilan data yang digunakan. Dalam penelitiannya, Mohammadipour dkk (2018) menyatakan bahwa metode pengukuran faktor risiko yang berkaitan dengan WMSDs dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu, *self-report*, *observational methods*, dan *direct measurement*. Ketiga jenis teknik pengambilan data ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Violante dkk (2000) menggunakan kriteria *cost*, *capacity*, *versatility*, *generality*, dan *excitment* untuk menilai tiap teknik. Diketahui bahwa terjadi peningkatan *cost* dan *excitment* secara berurutan dari *self-report* ke *direct measurement*. Sebaliknya, terjadi penurunan *capacity*, *versatility*, dan *generality* dari *self-report* ke *direct measurement*.

Kong dkk (2017) menyatakan di antara banyaknya metode penilaian risiko postur kerja, metode yang cukup sering digunakan yaitu, REBA (*rapid entire body assessment*), RULA (*rapid upper limb assessment*), OWAS (*ovako working posture analysis system*), PATH (*posture, activity, tools, and handling*), dan OCRA (*occupational repetitive action*). Metode-metode ini tergolong dalam *observational method* yang bergantung pada teknik pengambilan data melalui pengamatan oleh peneliti. Penggunaan metode-metode berbasis observasi cenderung lebih sering digunakan dibandingkan metode yang berbasis *self-report* atau *direct measurement* karena beberapa alasan yaitu, biaya yang murah, mudah diaplikasikan, fleksibel, dan tidak mengganggu pekerjaan yang berlangsung (Kee, 2021).

Metode yang telah disebutkan sebelumnya dapat dikelompokkan lebih jauh lagi berdasarkan cakupan dari penilaian yang dilakukan. RULA berfokus pada penilaian risiko postur kerja dari tubuh bagian atas. Penilaian menggunakan metode RULA akan memberikan skor global yang mempertimbangkan beban postural di seluruh tubuh dengan perhatian khusus pada bagian leher, batang

tubuh, bahu, lengan, dan pergelangan tangan (Lascano dkk, 2018). Maka dari itu, RULA lebih direkomendasikan untuk digunakan dalam menganalisis pekerjaan dengan beban minimal pada kaki atau pekerjaan dengan postur kerja duduk. Sedangkan untuk REBA dan OWAS umumnya digunakan untuk menilai risiko postur keseluruhan bagian tubuh. Penilaian metode REBA dibagi menjadi grup A yang berfokus menilai batang tubuh, leher dan kaki, serta grup B menilai bagian atas lengan, lengan bawah dan pergelangan tangan (Erginel & Toptanci, 2018). Berdasarkan hal tersebut maka sangat disarankan untuk mempertimbangkan secara baik kesesuaian jenis pekerjaan yang diamati metode penilaian yang digunakan.

Implementasi dari teknik-teknik analisis yang telah disebutkan dapat dilihat pada penelitian lainnya terkait dengan risiko cedera musculoskeletal. Salah satunya dilakukan oleh Budianto, dkk (2020) mengenai perbaikan postur kerja aktivitas manual material handling industri kecil tahu dengan metode ovako work posture analysis system (OWAS) yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi postur kerja berbahaya bagi pekerja serta merekomendasikan perbaikan yang dapat dilakukan. Penelitian serupa mengenai perbaikan postur kerja dengan menggunakan metode RULA dan RWL untuk meminimalkan gangguan *musculoskeletal disorders* di PT. XYZ juga dilakukan oleh Gumilang & Ananto (2022). Kedua penelitian tersebut dapat diketahui jika memiliki kesamaan yang membahas permasalahan postur kerja. Akan tetapi, dua penelitian tersebut menggunakan metode evaluasi yang berbeda yaitu OWAS dan RULA.

Secara garis besar dalam proses identifikasi permasalahan, penelitian yang dilakukan oleh Budianto, dkk (2020) dan Gumilang & Ananto (2022) menggunakan dua pendekatan yaitu observasi secara langsung dan kuesioner. Observasi dilakukan dengan pengambilan dokumentasi langsung para pekerja maupun wawancara. Sedangkan kuesioner yang dipakai dalam penelitian merupakan kuesioner *Nordic Body* bertujuan untuk mengetahui keluhan - keluhan rasa sakit pada tubuh para pekerja. Hal yang serupa juga dilakukan oleh Fauzy & Budiady (2020) dan Ramadhan, dkk (2022) dalam penelitiannya. Dari hasil identifikasi permasalahan yang didapatkan kemudian akan dilanjutkan dengan analisis postur kerja sesuai dengan metode evaluasi yang dipilih.

Fauzy & Budiady (2020) mengusulkan solusi perbaikan postur berupa perancangan fasilitas meja kerja. Proses perancangan menggunakan input berupa

data anthropometri dari pekerja yang kemudian disesuaikan dengan dimensi meja kerja. Penggunaan data anthropometri juga dilakukan pada penelitian Setiawan, dkk (2020) dalam melakukan perancangan meja *quality control* untuk skala laboratorium.

Penelitian yang dilakukan saat ini memiliki fokus yang sama dengan penelitian Budianto, dkk (2020), Gumilang & Ananto (2022), Fauzy & Budiady (2020), dan Ramadhan, dkk (2022) yaitu untuk melakukan evaluasi dan perbaikan postur kerja. Berdasarkan hal tersebut maka identifikasi keluhan yang dirasakan oleh pekerja menggunakan kuesioner *Nordic Body*. Setelah mengetahui keluhan yang dirasakan oleh pekerja, selanjutnya dilakukan proses evaluasi postur kerja menggunakan metode REBA. Metode ini dipilih karena kesesuaian jenis pekerjaan yang diamati dengan cakupan penilaian metode REBA. Terdapat juga beberapa kekurangan pada penelitian sebelumnya yaitu proses perancangan solusi hanya berfokus pada satu aspek yaitu ergonomi dalam hal ini penggunaan data anthropometri. Oleh karena itu, pada penelitian yang akan dilakukan, proses perancangan tidak hanya berfokus pada aspek ergonomi namun juga pada aspek keamanan seperti kekuatan dan kestabilan struktur. Berdasarkan hal tersebut maka nantinya solusi permasalahan tidak hanya nyaman akan tetapi juga aman untuk digunakan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu *ergon* dan *nomos*, yang memiliki arti *ergon* berarti kerja sedangkan *nomos* berarti hukum alam. Berdasarkan dari terminologi tersebut maka ergonomi bisa dikatakan sebagai keilmuan yang mempelajari hubungan antara manusia yang berkaitan dengan pekerjaannya, yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, engineering, manajemen, maupun desain produk. Konsep ini pada awalnya diusulkan oleh Jastrzebowski (1857) sebagai sebuah disiplin ilmu dengan cakupan dan serta aplikasi yang luas pada aktifitas manusia yang di dalamnya melingkupi berbagai aspek seperti tenaga kerja, *entertainment*, pemikiran, dan dedikasi.

Lehto & Buck (2008) menjelaskan bahwa ergonomi memiliki ruang lingkup yang sangat luas yang erat kaitannya dengan kehadiran manusia dalam sebuah sistem. Oleh karena itu, konsep ergonomi dapat diterapkan pada berbagai aspek seperti perancangan produk, perancangan pekerjaan, perancangan metode dan alat

untuk melakukan pekerjaan, antarmuka mesin, tata letak, stasiun inspeksi, antarmuka kontrol proses, hingga perencanaan sistem penanganan material. Subakti & Subhan (2021) juga menambahkan bahwa konsep ergonomi didasari oleh kesadaran, keterbatasan kemampuan, kapabilitas manusia serta penyesuaian antara lingkungan kerja, pekerjaan dan manusia yang terlibat dalam suatu pekerjaan. Oleh karena itu, konsep ergonomi diperlukan untuk mencegah cedera, meningkatkan produktivitas, efisiensi dan kenyamanan.

Ergonomi memiliki kaitan yang sangat erat terhadap upaya pencegahan dan penanganan cedera yang ditimbulkan sebuah aktivitas yang melibatkan manusia. Konz & Johnson (2016) menjelaskan bahwa terdapat dua tujuan terkait dari program ergonomi yang secara khusus menangani gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan. Salah satunya adalah untuk mencegah terjadinya gangguan dengan mengurangi atau menghilangkan potensi gangguan yang ditimbulkan pekerjaan. Tujuan kedua adalah memberikan perawatan atau penanganan untuk mengurangi efek dari suatu gangguan. Tanpa partisipasi dan kontribusi dari setiap fungsi tersebut, program ergonomi tidak dapat berjalan dengan baik.

Ilmu ergonomi memiliki sepuluh prinsip yang berkaitan dengan fisik manusia sebagai berikut:

- a. Prinsip yang menjadikan dapat dijangkau dengan baik dan mudah.
- b. Prinsip stasiun kerja yang sesuai dengan postur tubuh.
- c. Prinsip postur yang ideal dalam bekerja.
- d. Prinsip yang tidak mengeluarkan tenaga yang berlebihan saat bekerja.
- e. Prinsip mengurangi kelelahan yang berlebihan.
- f. Prinsip yang mengurangi pengulangan (*repetitive*) yang berlebihan.
- g. Prinsip menyediakan akses dan jarak
- h. Prinsip menyadari terjadinya perpindahan dan perubahan tubuh.
- i. Prinsip mengurangi timbulnya kontak ketegangan.
- j. Prinsip memelihara kenyamanan pada lingkungan (*Environment*)

2.2.2. Kuesioner *Nordic Body*

Kuesioner *nordic body* merupakan sebuah *tools* yang digunakan untuk melakukan penilaian terhadap gangguan muskuloskeletal di berbagai anggota tubuh. Kuesioner *nordic body* menggunakan diagram tubuh manusia dengan area yang menggambarkan anggota tubuh tertentu. Diagram ini dibagi menjadi sembilan bagian yaitu leher, bahu, punggung bagian atas, punggung bagian bawah, siku,

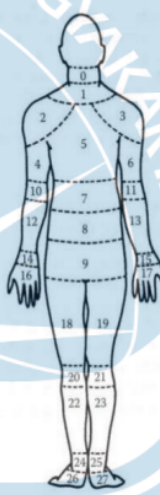
tangan, pinggul/paha, lutut, dan kaki. Pada umumnya responden diminta untuk mengisi kuesioner sesuai dengan tingkat *severity* atau keparahan yang dialami.

Kuesioner *nordic body* dapat membantu dalam mengidentifikasi pola rasa sakit dan ketidaknyamanan di tempat kerja serta membantu mencegah munculnya rasa sakit kembali pada pekerja. Kuesioner *nordic body* sering digunakan bersama dengan *tools* lain yang berkaitan dengan penilaian ergonomi ataupun analisis pekerjaan. Berikut merupakan contoh dari kuesioner *nordic body*.

Kuesioner Nordic Body Map

Nama : _____
 Umur : _____ Tahun
 Lama Bekerja : _____ Tahun

Anda diminta untuk menilai apa yang anda rasakan pada bagian tubuh yang ditunjukkan pada tabel dan gambar di bawah ini.
 Pilihlah tingkat kesakitan yang anda rasakan dengan memberikan tanda 'x' pada kolom pilihan anda:

No.	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan				Peta Bagian Tubuh
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sangat Sakit	
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 puntar					
10	Sakit pada siku kiri					
11	Sakit pada siku kanan					
12	Sakit pada lengan bawah kiri					
13	Sakit pada lengan bawah kanan					
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri					
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan					
16	Sakit pada 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					

Gambar 2. 1. Kuesioner Nordic Body

(Wijaya, 2019)

Penilaian menggunakan NBM dilakukan dengan menghitung jumlah skor masing-masing responden. Adapun ketentuan yang digunakan dalam pemberian skor yaitu 1 ketika pekerja tidak merasakan sakit, 2 ketika pekerja merasa agak sakit, 3 untuk sakit, dan 4 untuk sangat sakit. Setelah menjumlahkan skor yang didapatkan, maka selanjutnya dilakukan pengklasifikasian tingkat risiko masing-masing responden. Berikut merupakan tingkatan risiko sesuai dengan jumlah skor yang diperoleh pada kuesioner NBM.

Tabel 2. 1. Tingkat Risiko

Total Skor	Tingkat Risiko	Tindakan Perbaikan
28-49	Rendah	Belum diperlukan adanya perbaikan
50-70	Sedang	Mungkin diperlukan tindakan perbaikan
71-90	Tinggi	Diperlukan tindakan perbaikan segera
92-122	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan menyeluruh secepat mungkin

2.2.3. REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) merupakan metode penilaian risiko postur kerja tubuh secara keseluruhan yang dikembangkan oleh dua orang ahli ergonomi yaitu Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn Mc Atamney pada tahun 2000. Metode ini dikembangkan untuk dapat digunakan secara mudah dan cepat dalam menilai postur bagian leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki. Selain menilai dari postur bagian tubuh saat bekerja, penilaian juga dilakukan terhadap beban yang ditopang tubuh, jenis aktivitas, dan faktor *coupling* yang dapat menimbulkan risiko cedera.

Hignett & Atamney (2000) menyatakan jika terdapat beberapa tujuan dari pengembangan metode REBA diantaranya adalah:

- Mengembangkan sistem analisis postural yang peka terhadap risiko muskuloskeletal dan dapat digunakan dalam berbagai pekerjaan.
- Membagi tubuh menjadi segmen-segmen yang dianalisis secara individual dengan mengacu pada bidang gerakan.
- Menyediakan sistem penilaian aktivitas otot yang disebabkan oleh aktivitas statis, dinamis, atau postur kerja yang tidak stabil.
- Mengembangkan sistem penilaian yang mempertimbangkan faktor *coupling* dalam aktivitas *handling* yang melibatkan beban tertentu.
- Memberikan tingkat tindakan yang perlu dilakukan dengan indikasi urgensi.
- Mengembangkan metode yang mudah digunakan dengan peralatan minimal.

Penilaian menggunakan metode REBA pada dasarnya dibagi menjadi dua bagian segmen tubuh yaitu grup A dan B. Bagian A mencakupi leher, badan, dan kaki. Sedangkan bagian B meliputi lengan dan pergelangan tangan. Untuk lebih jelasnya, pengelompokan segmen tubuh pada penilaian menggunakan REBA dapat dilihat dalam Gambar 2.1 REBA *Worksheet*.

ERGONOMICS

REBA Employee Assessment Worksheet

Task Name:

Date:

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

+1

+2

+2

Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position

+1

+2

+3

+4

Trunk Score

Step 3: Legs

+1

+2

+3

+4

Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score 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

Force / Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A

Find Row in Table C

Score A

Scoring

1 = Negligible Risk

2-3 = Low Risk. Change may be needed.

4-7 = Medium Risk. Further investigate. Change Soon.

8-10 = 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

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Posture

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Score

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Table B

Lower Arm

1 2

Wrist

1 2 3 1 2 3

Upper Arm

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Score

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Table C

Score B

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

1 1 1 1 2 3 4 5 6 7 7 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 10 10

6 6 6 7 8 8 9 9 10 10 10 10

7 7 7 8 9 9 9 10 10 10 11 11

8 8 8 9 10 10 10 10 11 11 11 11

9 9 9 10 10 10 11 11 11 12 12 12

10 10 10 11 11 11 11 12 12 12 12

11 11 11 11 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

+2

+3

+4

Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:

+1

+2

Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:

+1

+2

Wrist Score

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting handle and mid rang 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**

Coupling Score

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.

Score B

Step 13: Activity Score

+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

Activity Score

Table C Score

Activity Score

REBA Score

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge, Based on Technical note: Rapid Limb Body Assessment (REBA), Illegible, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-209

Gambar 2. 2. REBA Worksheet

Proses penilaian metode REBA akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Penilaian grup A

Langkah pertama pada metode REBA adalah menghitung skor postur tubuh grup A terdiri dari leher (*neck*), badan (*trunk*), dan kaki (*legs*).

i. Leher (*Neck*)

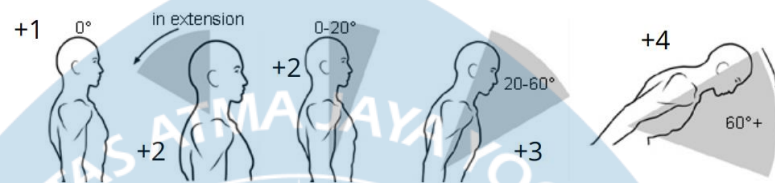
Proses penilaian ini dilakukan terhadap bagian leher (*neck*) dengan mengobservasi dan menilai sudut yang dibentuk leher saat melakukan aktivitas kerja. Sudut ini diukur dari postur lurus dengan batang tubuh. Selain itu, penilaian juga dilakukan dengan memperhatikan kondisi lain seperti leher berputar (*twisted*) atau bengkok (*side bending*). Acuan pemberian nilai pada tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2. 3. Penilaian Postur Leher

12

ii. Badan (*Trunk*)

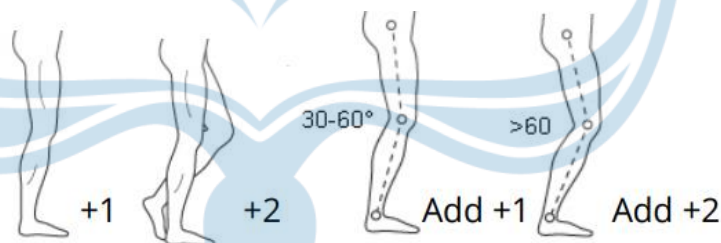
Proses penilaian bagian punggung (*trunk*) dilakukan dengan menilai sudut yang dibentuk badan saat melakukan aktivitas. Sudut ini diukur dari postur tubuh tegak. Penilaian juga dilakukan dengan memperhatikan kondisi lain seperti postur badan berputar (*twisted*) atau bengkok (*side bending*). Acuan pemberian nilai pada tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 4. Penilaian Postur Badan

iii. Kaki (*Legs*)

Proses penilaian bagian kaki (*legs*) dilakukan dengan postur kaki saat melakukan aktivitas kerja. Penilaian juga dilakukan terhadap sudut yang dibentuk oleh paha dengan kaki bagian bawah. Acuan pemberian nilai pada tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 5. Penilaian Postur Kaki

iv. Beban (*Force/Loads*)

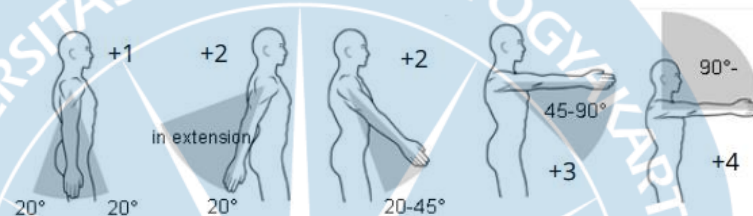
Penilaian skor beban berfungsi dalam mempertimbangkan risiko yang terjadi akibat proses *handling*. Skor risiko yang ditimbulkan saat menangani beban akan meningkat seiring dengan meningkatnya berat beban. Skor juga akan meningkat jika terjadi penggunaan kekuatan yang tiba-tiba pada saat melakukan pekerjaan.

b. Penilaian Postur Tubuh Grup B

Penilaian kemudian dilanjutkan dengan menghitung skor postur tubuh grup B. Postur tubuh grup B terdiri atas lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), dan pergelangan tangan (*wrist*).

i. Lengan Atas (*Upper Arm*)

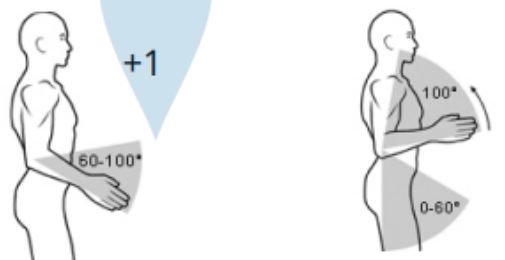
Proses penilaian ini dilakukan terhadap lengan atas (*upper arm*) dengan mengobservasi dan menilai sudut yang dibentuk lengan atas saat melakukan aktivitas kerja. Sudut ini diukur dari postur sejajar dengan batang tubuh. Selain itu, penilaian juga dilakukan dengan memperhatikan kondisi lain seperti postur bahu dan lengan tersangga/bersandar. Acuan pemberian nilai pada tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 6. Penilaian Postur Lengan Atas

ii. Lengan Bawah (*Lower Arm*)

Proses penilaian ini dilakukan terhadap lengan bawah (*lower arm*) dengan mengobservasi dan menilai sudut yang dibentuk lengan bawah saat melakukan aktivitas kerja. Sudut ini diukur dari postur dengan lengan bagian atas. Acuan pemberian nilai pada tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.

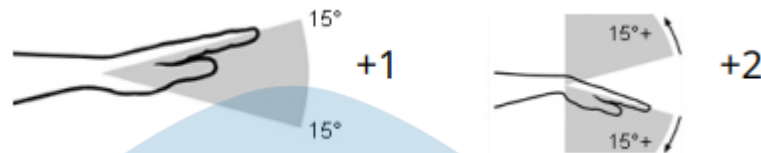


Gambar 2. 7. Penilaian Postur Lengan Bawah

iii. Pergelangan Tangan (*Wrist*)

Proses penilaian ini dilakukan terhadap pergelangan tangan (*wrist*) dengan mengobservasi dan menilai sudut yang dibentuk oleh pergelangan tangan. Sudut ini diukur dari postur pergelangan tangan

lurus dengan lengan bagian bawah. Penilaian juga dilakukan dengan memperhatikan kondisi lain seperti postur pergelangan berputar (*twisted*) atau bengkok (*side bending*). Acuan pemberian nilai pada tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 8. Penilaian Postur Pergelangan Tangan

iv. *Coupling Factor*

Penilaian *coupling* faktor didasarkan pada tingkat kenyamanan pekerja dalam memegang beban. Skor dari *coupling factor* akan meningkat seiring dengan buruknya kenyamanan pekerja memegang beban.

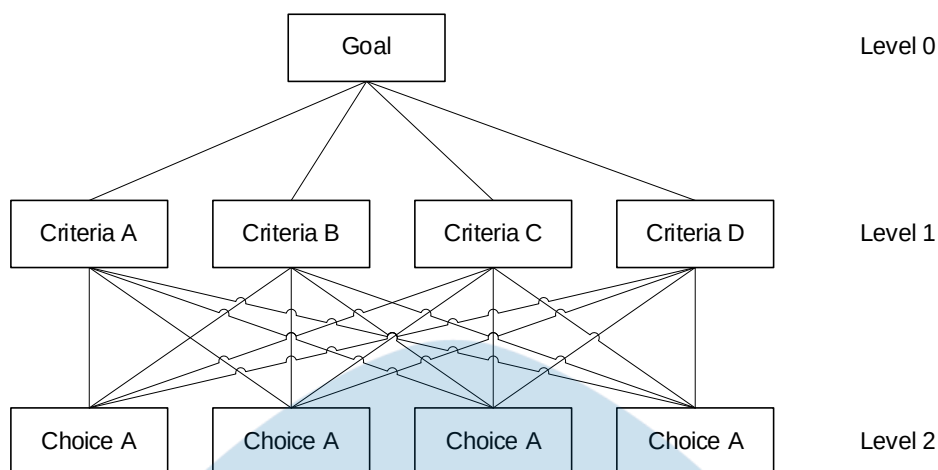
v. Jenis Aktivitas

Penilaian ini didasarkan pada jenis aktivitas yang dilakukan oleh pekerja. Terdapat tiga jenis aktivitas yaitu, aktivitas statis, *repetitive*, dan aktivitas dinamis yang menyebabkan terjadinya perubahan postur secara signifikan.

2.2.4. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty sekitar tahun 70-an. Pada dasarnya metode ini menggunakan pendekatan aspek psikologi dan matematika untuk memperoleh sebuah keputusan. AHP memiliki berbagai manfaat dalam penerapannya sehingga metode ini digunakan dalam berbagai bidang keilmuan seperti *engineering*, *management*, ilmu sosial, dan sebagainya.

Prinsip dasar AHP adalah memecah suatu masalah pengambilan keputusan menjadi hierarki yang terdiri dari tujuan, kriteria, dan alternatif. Berikut ini merupakan struktur diagram hierarki yang biasanya digunakan dalam pengambilan keputusan dengan metode AHP.



Gambar 2. 9. Gambar Contoh Struktur Hierarki

Penentuan keputusan dilakukan dengan menggunakan pendekatan *pairwise comparison* untuk menentukan kepentingan setiap elemen dalam hierarki. Berdasarkan pendekatan yang dilakukan, AHP memungkinkan pembuat keputusan untuk menggunakan preferensi masing-masing dengan menetapkan nilai numerik yang digunakan untuk menggambarkan nilai kepentingan relatif elemen hierarki. Pemberian tingkat kepentingan masing-masing elemen biasanya dilakukan mengacu pada Skala Perbandingan Saaty seperti terlihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 2. Skala Perbandingan Saaty

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya
7	Elemen yang satu jelas lebih penting dari elemen lainnya
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting dari elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan

Tahapan selanjutnya adalah melakukan normalisasi. Hasil normalisasi yang diperoleh berupa nilai prioritas (*Priority Vector*) masing-masing elemen.

Selanjutnya dilakukan pengecekan *Consistency Ratio* (CR) dari matriks yang telah disusun. Jika nilai CR lebih dari 0.1 maka harus dilakukan ulang proses *pairwise comparison* sehingga didapat nilai rasio kurang atau sama dengan 0.1 (konsisten). Nilai *Consistency Ratio* (CR) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.1)$$

Nilai *Consistency Index* (CI) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

λ_{max} : Principal Eigenvalue

n : Jumlah elemen dalam satu level

Nilai *Random Index* (RI) dapat dilihat pada tabel dibawah ini sesuai dengan ukuran dari matriks.

Tabel 2. 3. Nilai *Random Index*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48

2.2.5. Anthropometri

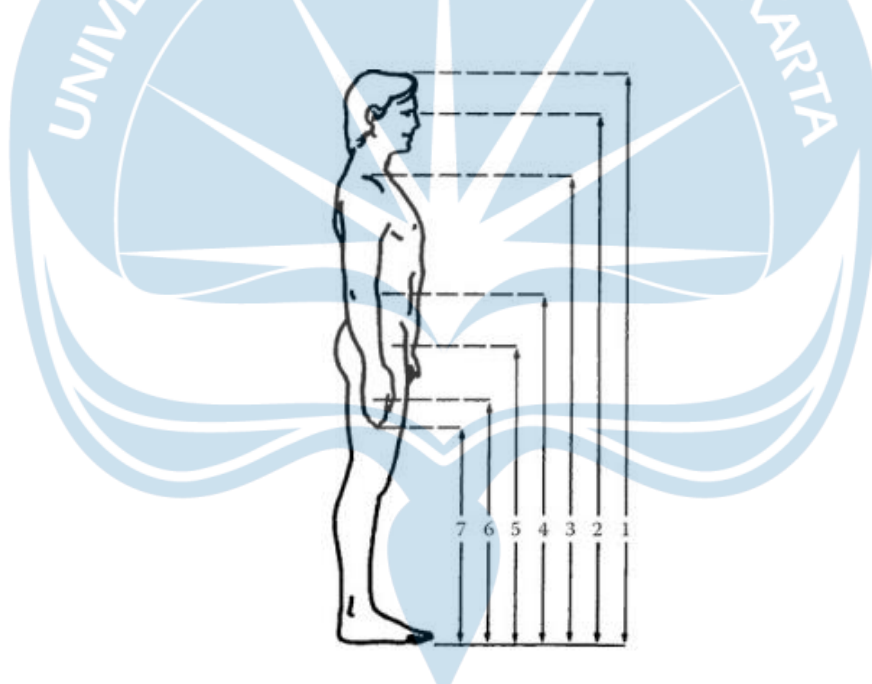
Anthropometri berasal dari bahasa Yunani yaitu *anthropos* dan *metrein* yang memiliki arti adalah *anthropos* berarti manusia sedangkan *metrein* yang berarti ukuran. Berdasarkan dari terminologi tersebut maka anthropometri dapat didefinisikan sebagai ilmu yang berkaitan dengan pengukuran tubuh manusia. NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) menyatakan bahwa anthropometri merupakan studi yang mendefinisikan ukuran fisik, bentuk, dan kapasitas fungsional seseorang. Dari terminologi dan definisi yang sudah dijelaskan maka dapat dikatakan bahwa anthropometri merupakan bidang ilmu yang mempelajari fisiologi manusia dengan melakukan pengukuran terhadap tubuh seseorang.

Anthropometri merupakan salah satu cabang dari ergonomi yang erat kaitannya dengan aktivitas yang melibatkan proses mendesain alat atau sistem yang berhubungan dengan manusia. Anthropometri sangat diperlukan karena agar produk dan alat yang dihasilkan dapat digunakan dengan aman, nyaman, dan

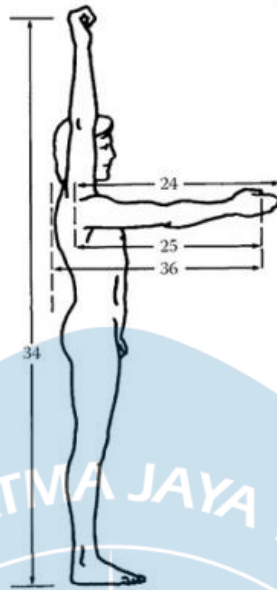
sehat. Penerapan dari anthropometri juga dapat dilihat dalam berbagai hal diantaranya adalah:

- a. Perancangan stasiun kerja.
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas.
- c. Perancangan produk seperti pakaian, kursi/meja, dan lain – lain.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik.

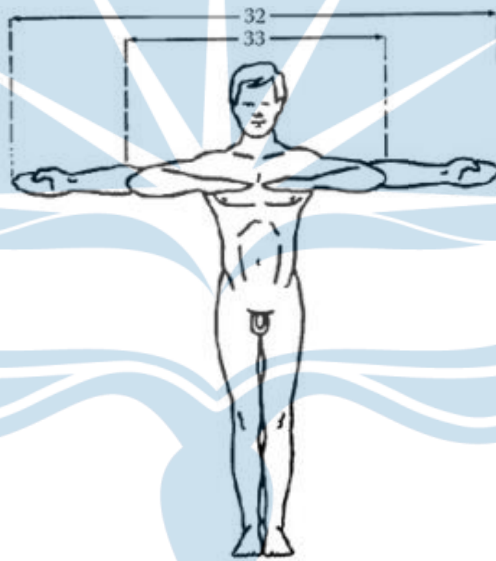
Menurut Pheasant & Halsegrave (2015) standar pengukuran postur anthropometri dapat dibagi menjadi dua yaitu postur duduk dan berdiri. Pada postur berdiri, subjek berada pada postur tegak dengan pandangan lurus, dan postur bahu yang rileks. Sedangkan untuk postur duduk, subjek berada dalam postur duduk pada permukaan yang rata dengan postur tegak, pandangan yang lurus, dan bahu rileks. Standar yang dapat digunakan sebagai acuan pengukuran anthropometri dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 10. Pengukuran Anthropometri Tubuh Berdiri
(Pheasant & Halsegrave, 2015)



Gambar 2. 11. Pengukuran Anthropometri Tubuh Berdiri



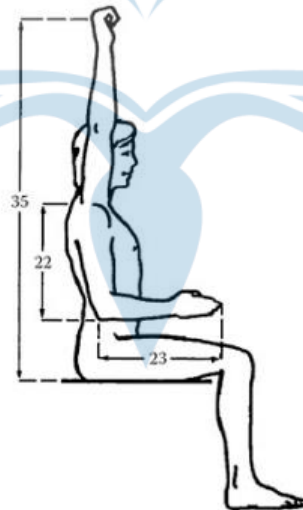
Gambar 2. 12. Pengukuran Anthropometri Tubuh Berdiri



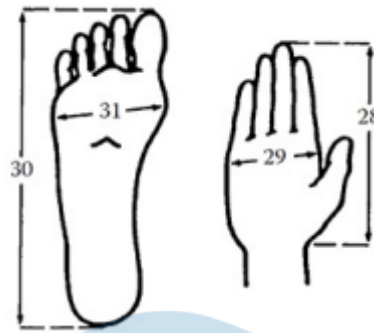
Gambar 2. 13. Pengukuran Anthropometri Tubuh Duduk



Gambar 2. 14. Pengukuran Anthropometri Tubuh Duduk



Gambar 2. 15. Pengukuran Anthropometri Tubuh Duduk



Gambar 2. 16. Pengukuran Anthropometri Telapak Tangan & Kaki

2.2.6. Mediapipe

MediaPipe, sebuah *open-source framework* yang dikembangkan oleh Google, menawarkan solusi lintas platform untuk membangun *processing pipelines* multimedia *real-time*. Kerangka kerja ini mencakup berbagai komponen dan alat yang telah dibangun sebelumnya untuk berbagai tugas, seperti pemrosesan audio, *computer vision*, dan *machine learning*. MediaPipe cocok untuk digunakan dalam aplikasi desktop maupun mobile karena *scalable*, fleksibilitas, dan efisiensi.

Dengan akselerasi perangkat keras, pemrosesan paralel, dan algoritma yang dioptimasi, MediaPipe dapat menangani pemrosesan data multimedia secara *real-time*. Mediapipe dapat memproses data seperti video dan audio. MediaPipe juga mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti C++, Python, dan JavaScript, serta dapat diintegrasikan pada berbagai platform seperti Android, iOS, Linux, dan macOS.

MediaPipe memiliki beberapa fitur seperti *object detection*, pengenalan wajah, *pose estimation*, dan *hand detection*. MediaPipe juga menyediakan kumpulan komponen yang disebut "graph", yang dapat digabungkan untuk membuat *processing pipelines* multimedia yang kompleks. MediaPipe memiliki sifat modular, yang memungkinkan pengembang dengan mudah mengubah dan mengembangkan bagian-bagian tertentu sesuai kebutuhan.

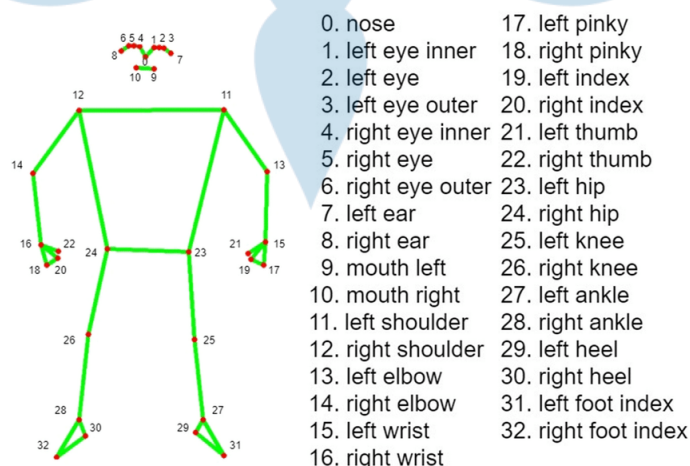
a. Estimasi Pose

Estimasi pose dalam MediaPipe merujuk pada kemampuan *framework* untuk mengenali dan melacak pose seseorang dalam sebuah gambar atau video. Pose mengacu pada posisi dan orientasi tubuh manusia, termasuk posisi dan sudut sendi-sendi yang berbeda.

MediaPipe menyediakan komponen grafis yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan estimasi pose. Komponen tersebut menerapkan algoritma yang kompleks untuk mendeteksi dan melacak lokasi sendi-sendi manusia dalam gambar atau video secara *real-time*. Estimasi pose dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti *movement detection*, interaksi manusia dengan *virtual objects*, *gesture recognition*, dsb.

Estimasi pose umumnya melibatkan penggunaan *deep learning* dan *computer vision*. Secara garis besar pemrosesan estimasi pose dalam MediaPipe melibatkan tiga tahapan yaitu:

- i. *Object detection* merupakan tahapan untuk mendeteksi lokasi tubuh manusia pada gambar atau video. Proses ini menggunakan model deteksi objek yang telah dilatih sebelumnya untuk mengidentifikasi tubuh manusia pada area-area tertentu.
- ii. *Joint processing* adalah tahapan menganalisis area-area bagian tubuh untuk mengidentifikasi posisi sendi-sendi yang berbeda, seperti bahu, siku, pergelangan tangan, lutut, dan sebagainya. Tahapan ini melibatkan model yang menggunakan *neural networks* untuk mengenali dan melacak sendi-sendi tubuh.
- iii. *Pose tracking* adalah tahapan melacak perubahan pose dari waktu ke waktu. Dengan menggunakan informasi tentang posisi sendi-sendi dalam setiap *frame*, MediaPipe dapat memperkirakan pose tubuh manusia dengan cukup konsisten dan mulus secara *real-time*.



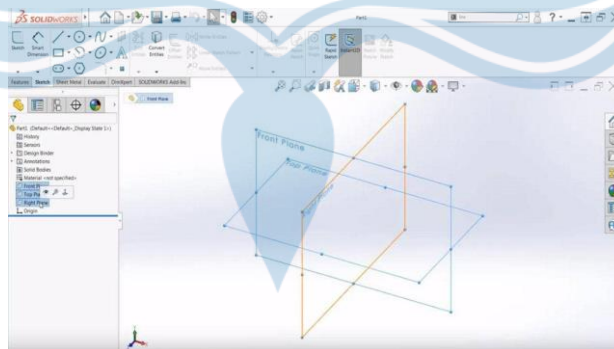
Gambar 2. 17 Landmarks Pose Estimation

2.2.6. SolidWorks

Diterbitkan oleh Dassault Systèmes yang berpusat di Paris, Solidworks merupakan salah satu software CAD yang populer digunakan oleh para desainer 3D untuk mendesain komponen mesin ataupun dalam perancangan produk. Solidworks memiliki banyak fitur yang berguna dalam proses perancangan. Berdasarkan informasi yang diambil dari situs resmi Solidworks terdapat beberapa fitur standar pada software ini seperti *Conceptual Design*, *2D drawing*, *3D modelling*, *Surfacing*, simulasi, estimasi biaya, CAM, dan *data management*.

Solidworks memiliki keunggulan dalam sistemnya jika dibandingkan software CAD lain karena sistem yang terintegrasi dengan berbagai fitur dan *tools* yang tentunya sangat berguna dalam perancangan dan simulasi. Berdasarkan hal tersebut maka pengguna tidak perlu menggunakan software lain karena Solidworks sudah menawarkan fitur yang sangat lengkap. Hal ini juga akan berpengaruh dari efisiensi *engineer* dalam melakukan perancangan CAD.

Software Solidworks memiliki beberapa kelebihan seperti *user interface* yang mudah digunakan dalam proses perancangan sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari waktu yang diperlukan untuk mendesain produk. Hasil yang perancangan menggunakan software ini tergolong memiliki detail yang bagus dikarenakan kemampuan untuk melakukan *rendering* dengan tingkat akurasi cukup tinggi.



Gambar 2. 18. Tampilan Antarmuka SolidWorks

2.2.7. Standar atau Kode Etik yang Berlaku

Standar atau kode etik yang berkaitan dengan penelitian ini adalah Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 tentang Ketenagakerjaan. Undang-undang yang ditetapkan pada 25 Maret 2003 ini salah satunya mengatur terkait dengan hak-hak yang diterima oleh pekerja/buruh. Selain itu, terdapat juga Perpu No. 2

Tahun 2022 Tentang Cipta kerja yang mengatur terkait waktu kerja. Dalam perpu tersebut terdapat dua skema jam kerja yang dapat diterapkan oleh perusahaan yaitu:

- a. 7 (tujuh) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.
- b. 8 (delapan) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.

Selain itu dalam Perpu No. 2 Tahun 2022 juga disebutkan terkait dengan waktu istirahat antara jam kerja, paling sedikit setengah jam setelah bekerja selama 4 (empat) jam terus-menerus, dan waktu istirahat tersebut tidak termasuk jam kerja.

