

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) dapat disebabkan oleh ketidaksesuaian antara kondisi stasiun kerja dengan pekerjaanya. Kondisi stasiun kerja yang kurang kondusif dapat menyebabkan pekerja merasa kurang nyaman, mudah lelah, dan stress yang akhirnya dapat mempengaruhi produktivitas kerja (Sholeha dan Sunaryo, 2021). Selain kondisi stasiun kerja, keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) dapat dipengaruhi oleh faktor usia, masa kerja, dan postur kerja (Dwiseptianto dan Wahyuningsih, 2022). Pertambahan usia menyebabkan penurunan ketahanan dan kekuatan otot pada manusia, yang pada akhirnya meningkatkan risiko terjadinya gangguan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Masa kerja yang semakin lama, akan menyebabkan kejenuhan yang dapat mempengaruhi kinerja otot dan psikis pekerjaanya. Sedangkan postur kerja yang kurang baik, dapat menyebabkan ketegangan pada otot karena posisi tubuh tidak dalam posisi yang ideal.

Untuk mengetahui tingkat keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) yang dialami oleh pekerja, Bintang dan Dewi (2017), Sholeha dan Sunaryo (2021), Indriati, dkk (2022), serta Sofyan dan Amir (2019) melakukan penelitian menggunakan kuesioner *Nordic Body Map*. Bintang dan Dewi (2017) melakukan penelitian pada pekerja di pabrik gula Tjokir, Sholeha dan Sunaryo (2021) melakukan penelitian pada pekerja di *home industry* pembuatan dompet, Indriati, dkk (2022) melakukan penelitian pada UMKM pembuatan mie jagung, sementara Sofyan dan Amir (2019) melakukan penelitian pada *home industry* pembuatan *souvenir* tas dan dompet. Tujuan keempat penelitian tersebut adalah mengetahui tingkat resiko yang dialami oleh pekerja, sehingga dapat dilakukan tindakan yang diperlukan. Melalui kuesioner *Nordic Body Map*, dapat diketahui tingkat keluhan yang dirasakan oleh pekerja yang dibagi menjadi kategori rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

Penelitian yang dilakukan Bintang dan Dewi (2017) dihasilkan bahwa rata-rata pekerja mengalami sakit di bagian leher, bahu, tangan, punggung, dan kaki. Upaya untuk mengurangi keluhan tersebut, peneliti mengusulkan pembuatan *material handling* berupa *hand truck*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sholeha dan Sunaryo (2021) dihasilkan bahwa terdapat 5 pekerja dengan kategori risiko sedang dan 2 pekerja dengan kategori risiko tinggi. Sehingga peneliti

mengusulkan adanya perbaikan berupa mendesain ulang fasilitas kerja yang digunakan dan melakukan peregangan ketika tubuh mulai terasa pegal. Pada penelitian Indriati, dkk (2022) dihasilkan bahwa pekerja mengalami sakit pada bagian lengan atas, lengan bawah, dan jari-jari tangan. Usulan perbaikan fasilitas kerja yang diberikan oleh peneliti adalah menggunakan mesin otomatis yang sesuai dengan dimensi antropometri pekerja. Sedangkan pada penelitian Sofyan dan Amir (2019) dihasilkan bahwa pekerja mengalami sakit pada bagian pinggang, bokong, leher bagian bawah, bahu kiri, punggung, dan pergelangan tangan. Usulan perbaikan yang direkomendasikan oleh peneliti adalah mengubah postur kerja menjadi lebih proporsional.

Risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) juga dapat diukur dengan menggunakan analisis postur kerja seperti yang dilakukan oleh Sarkar, dkk (2016), Lins dan Hein (2022), Adyanto, dkk (2022), Boriboonsuksri, dkk (2022), dan Nelfiyanti, dkk (2022). Penelitian yang dilakukan oleh Sarkar, dkk (2016) serta Lins dan Hein (2022), analisis postur kerja dilakukan dengan metode OWAS (*Ovako Work Analysis System*). Metode OWAS dilakukan untuk menilai gerakan yang dilakukan oleh tubuh bagian punggung, lengan, dan kaki serta mempertimbangkan berat beban yang diangkat oleh pekerja. Kategori penilaian dalam OWAS dibagi menjadi 4 bagian yaitu skor 1 dengan risiko rendah, skor 2 dengan risiko sedang, skor 3 dengan risiko tinggi, dan skor 4 dengan risiko sangat tinggi. Metode OWAS dipilih oleh Sarkar, dkk (2016) karena objek penelitian dilakukan pada 100 pekerja angkat barang dengan tugas mengangkat beban 120 kg secara bersamaan di salah satu pasar di daerah Calcutta, India. Sementara Lins dan Hein (2022) menggunakan metode OWAS untuk meneliti pekerja di bagian *maintenance*. Penelitian yang dilakukan Sarkar, dkk (2016) menghasilkan kategori risiko dengan skor 3 sebesar 47,6% dan kategori risiko dengan skor 4 sebesar 35,2%. Karena pekerja cenderung mengalami tingkat risiko yang tinggi maka Sarkar, dkk (2016) mengusulkan memakai bantuan *material handling* berupa *forklift*. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Lins dan Hein (2022), metode OWAS digunakan sebagai media pengukuran dalam perancangan *software* NEAT dan ANN yang akan dipasang pada pakaian pekerja bernama SIRKA. Pakaian tersebut dilengkapi sensor yang dapat mendeteksi gerakan pekerja yang melakukan postur kerja dengan risiko tinggi.

Analisis postur kerja yang dilakukan pada penelitian Adiyanto, dkk (2022) menggunakan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) dengan objek

penelitian di salah satu UMKM pembuatan Wajan Daerah Yogyakarta. Metode RULA dipilih oleh peneliti karena pekerjaan yang dilakukan melibatkan tubuh bagian atas. Peneliti melakukan penilaian dengan bantuan *software* Catia, dan dihasilkan skor RULA sebesar 7 yang masuk pada kategori risiko tinggi. Sehingga peneliti melakukan usulan perbaikan berupa pembuatan meja kerja yang sesuai dengan dimensi antropometri pekerja. Meja kerja tersebut didemonstrasikan pada *software* Catia, dengan skor RULA berubah menjadi 3 dengan kategori risiko rendah.

Penelitian yang dilakukan oleh Boriboonsuksri, dkk (2022) melakukan penilaian postur kerja terhadap petani mangga di salah satu perkebunan Thailand dengan menggunakan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) dan REBA (*Rapid Entire Body Assessment*). Metode REBA ditambahkan karena pekerjaan yang dilakukan melibatkan gerakan tubuh bagian atas dan kaki. Berdasarkan penelitian yang dilakukan skor RULA dan REBA memiliki tingkat risiko yang tinggi. Selain itu, peneliti mengukur tingkat kelahan pekerja menggunakan teori FEI (*Fatigue Effective Index*). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Nelfiyanti, dkk (2022) mengkombinasikan pengukuran postur kerja dengan metode OWAS, RULA, dan REBA karena objek penelitian merupakan pekerja di bagian perakitan *chassis* mobil yang melakukan gerakan tubuh bagian atas, tubuh bagian bawah, dan melakukan pengangkatan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dihasilkan skor OWAS sebesar 3 (risiko tinggi), skor RULA sebesar 6 (risiko sedang), dan skor REBA sebesar 6 (skor sedang).

Kumar, dkk (2014) melakukan penelitian terhadap pekerja di bagian *maintenance* yang bertanggung jawab untuk memasang *jig* pada EOT crane. Peneliti melakukan analisis postur kerja menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) yang dikombinasikan dengan metode MAC Tools (*Manual Material Handling Risk Assessment*) dan perhitungan momen gaya. Skor REBA yang dihasilkan adalah 8 dengan risiko sangat tinggi, skor MAC Tools 16 dengan kategori risiko tinggi, dan momen gaya pekerja sebesar 270 N. Kemudian peneliti melakukan perancangan *material handling* berupa *trolley*, yang mengurangi momen gaya menjadi 94 N.

Putrawan, Santosa, dan Adi (2020) melakukan penelitian terhadap pekerja di industri tembikar yang mengalami keluhan *musculoskeletal disorder* (MSDs). Upaya perbaikan yang dilakukan adalah merancang ulang fasilitas kerja berupa

pottery machine untuk meningkatkan produktivitas kerja. Peneliti mengumpulkan data pekerja mulai dari usia, berat badan, tinggi badan, lama kerja, data antropometri pekerja, beban kerja, hingga produktivitas kerja. Setelah dilakukan *re-design* pada *pottery machine*, peneliti melakukan perbandingan produktivitas kerja sebelum dan sesudah perbaikan. Didapatkan hasil bahwa produktivitas kerja setelah dilakukan *re-design* meningkat hingga 334,6% dan beban kerja menurun sebesar 12,09%.

Arsenio, dkk (2020) melakukan penelitian terhadap pekerja *quality control* pada industri keramik. Melalui pengisian kuesioner Nordic Body Map, dihasilkan risiko tertinggi yang dialami oleh pekerja adalah sakit pada bagian pergelangan tangan, punggung, dan kaki. Hal tersebut dikarenakan pekerja dalam posisi membungkuk selama berjam-jam. Untuk mengetahui tingkat risiko postur kerja, peneliti melakukan analisis RULA. Hasil skor RULA menunjukkan tingkat risiko yang tinggi yaitu 7. Kemudian, peneliti melakukan perancangan perbaikan fasilitas kerja berupa meja dan kursi kerja menggunakan dimensi antropometri tinggi popliteal ketika duduk, tinggi bahu ketika duduk, tinggi mata ketika duduk, dan panjang kaki. Setelah melakukan design menggunakan aplikasi CAD/CAM dan dilakukan implementasi, peneliti menyebarkan kuesioner Nordic Body Map dan dihasilkan sakit pada pergelangan tangan, punggung, dan kaki pada tingkat risiko yang rendah. Sedangkan untuk hasil postur kerja menggunakan RULA dihasilkan tingkat risiko yang rendah yaitu 2.

Munawir, dkk (2020) melakukan penelitian terhadap dua pekerja dalam kegiatan pemindahan karung berisi tepung dan proses meratakan tepung. Pada pekerja yang sedang memindahkan karung berisi tepung didapatkan hasil skor REBA sebesar 9 dan skor Mac Tool sebesar 22, kedua skor tersebut dalam kategori risiko yang tinggi. Sehingga, peneliti membuat simulasi *material handling* berupa *trolley* yang sesuai dengan data antropometri menggunakan *software* CAD/CAM dan Catia. Setelah dilakukan simulasi, menghasilkan skor REBA dan Mac Tool dengan kategori rendah dengan skor 4 dan 8. Sedangkan pada pekerja yang sedang meratakan tepung, hanya dilakukan perhitungan skor REBA yaitu sebesar 9 dengan kategori risiko tinggi. Lalu, peneliti juga membuat simulasi alat bantu yang sesuai dengan data antropometri menggunakan *software* CAD/CAM dan Catia, dan dihasilkan skor REBA dengan kategori rendah dengan skor 2.

Suhardi dan Batennia (2021) melakukan penelitian terhadap pekerja pada proses penghilangan benang. Bagian tersebut dipilih karena berdasarkan skor kuesioner Nordic Body Map memiliki hasil 72 dengan kategori risiko yang tinggi. Untuk mengetahui tingkat risiko postur kerja peneliti menggunakan analisis REBA, dan menghasilkan skor 7 dengan kategori risiko tinggi. Kemudian, peneliti melakukan perancangan perbaikan fasilitas kerja menggunakan aplikasi CAD/CAM berupa meja dan kursi kerja menggunakan dimensi antropometri tinggi bokong berdiri, lebar pinggul duduk, dan panjang popliteal duduk. Ringkasan dari tinjauan pustaka dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Tabel 2.1. Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools
1	Analisa Postur Kerja Menggunakan Metode OWAS dan RULA	Bintang dan Dewi (2017)	Pabrik Gula Tjokir	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Usulan untuk menggunakan <i>material handling</i>	Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	<i>Microsoft Excel</i>
2	Gambaran Keluhan Musculoskeletal Disorder (MSDs) pada Pekerja UD. X Tahun 2021	Sholeha dan Sunaryo (2021)	<i>Home industry</i> pembuatan dompet	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Usulan untuk mendesain ulang fasilitas kerja	Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	<i>Microsoft Excel</i>
3	Risk Analysis of Musculoskeletal Disorder (MSDs) on Corn Noodles Production	Indriati, dkk (2022)	UMKM pembuatan mie jagung	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Usulan untuk menggunakan mesin otomatis	Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	<i>Microsoft Excel</i>

Tabel 2.1. Lanjutan Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools
4	Determination of Musculoskeletal Disorders (MSDs) complaints level with Nordic Body Map (NBM)	Sofyan dan Amir (2019)	<i>Home industry</i> pembuatan souvenir tas dan dompet	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Memperbaiki postur kerja	Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	<i>Microsoft Excel</i>
5	Examination of Postures and Frequency of Musculoskeletal Disorders Among Manual Workers in Calcutta, India	Sarkar, dkk (2016)	Pekerja angkat barang di pasar	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Pembuatan <i>material handling</i>	OWAS dan antropometri	<i>Microsoft Excel, Worksheet OWAS, Software CAD/CAM</i>
6	Classification of Body Postures Using Smart Workwear	Lins dan Hein (2022)	Pekerja <i>maintenance</i> di perusahaan X	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Pembuatan pakaian pendeteksi postur kerja	OWAS dan <i>algorithm program</i>	<i>Worksheet OWAS dan algorithm program aplication</i>

Tabel 2.1. Lanjutan Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools
7	Application of Nordic Body Map and Rapid Upper Limb Assessment for Assessing Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Case Study in Small and Medium Enterprises	Adiyanto, dkk (2022)	<i>Small and medium enterprises</i>	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Usulan memperbaiki fasilitas kerja	RULA	<i>Worksheet RULA dan Software Catia</i>
8	Ergonomic Task Analysis for Prioritization of Work Related Musculoskeletal Disorders among Mango Harvesting Farmers	Boriboonsuksri, dkk (2022)	Petani mangga	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Usulan untuk menggunakan <i>material handling</i>	RULA, REBA, FEI (<i>Fatigue Effective Index</i>)	<i>Worksheet RULA dan REBA</i>

Tabel 2.1. Lanjutan Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools
9	Analysis of Measurement and Calculation of MSD Complaint of Chassis Assembly Workers Using OWAS, RULA, and REBA Method	Nelfiyanti, dkk (2022)	Perusahaan mobil X	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Memperbaiki postur kerja	OWAS, RULA, REBA	<i>Worksheet</i> OWAS, RULA, REBA
10	Ergonomic Designed Lift Assist Device in a EOT Crane	Kumar, dkk (2014)	Pekerja <i>maintenance</i> di perusahaan A	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Pembuatan <i>material handling</i>	REBA dan MAC Tool	<i>Worksheet</i> REBA dan MAC Tool
11	Redesign And Improvement of Pottery Spinner to Increase Worker Productivity	Putrawan dkk (2020)	Industri tembikar di Bali	Keluhan <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs)	Mendesain ulang fasilitas kerja	Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM), pengukuran beban kerja dan produktivitas kerja, <i>re-design</i> , antropometri	<i>Microsoft Excel</i> dan <i>Software</i> CAD/CAM

Tabel 2.1. Lanjutan Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools
12	Work Related Musculoskeletal Disorders in Sorting Process Area at Mariwasa Siam Ceramics Incorporated - An assessment	Arsenio, dkk (2020)	Industri keramik	Keluhan musculoskeletal disorders (MSDs)	Mendesain ulang fasilitas kerja	Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM), RULA, antropometri	<i>Microsoft Excel, Worksheet RULA, Software CAD/CAM</i>
13	Analysis of Work Posture and Manual Material Handling in a Flour Production Process	Munawir, dkk (2020)	Industri pembuatan tepung	Keluhan musculoskeletal disorders (MSDs)	Mendesain alat bantu pekerjaan dan <i>material handling</i>	REBA, <i>MAC Tool</i> , antropometri	<i>Microsoft Excel, Worksheet REBA, MAC Tool, software CAD/CAM</i>

Tabel 2.1. Lanjutan Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools
14	Improvement Of Work Posture In Yarn Removal Operator To Reduce Risk Of Musculoskeletal Disorders	Suhardi dan Batennia (2021)	Industri <i>textile</i>	Keluhan musculoskeletal disorders (MSDs)	Mendesain ulang fasilitas kerja	Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> (NBM), REBA, antropometri	<i>Microsoft Excel</i> , <i>Worksheet REBA</i> , <i>software CAD/CAM</i>

2.2. Dasar Teori

2.2.1. *Musculoskeletal Disorder*

Musculoskeletal disorders merupakan salah satu kondisi yang menyebabkan beberapa bagian dari rangka dan otot manusia merasakan keluhan berupa rasa sakit (Suriya dan Zuriyati, 2019). Penyakit rangka dan otot ini dapat terjadi karena antara satu bagian tubuh dengan bagian lainnya mengalami peregangan yang terlalu jauh dan mengalami benturan ketika sedang melakukan aktivitas atau pekerjaan. Ciri-ciri dari gangguan *musculoskeletal disorders* adalah badan terasa pegal dan merasa nyeri di area tulang, otot, serta persendian. Dalam beberapa kasus, gangguan *musculoskeletal disorders* dapat disebabkan oleh postur tubuh yang kurang baik ketika melakukan pekerjaan atau aktivitas tertentu. Keluhan *musculoskeletal disorders* dapat dirasakan di bagian tubuh tertentu misalnya pada bagian leher, bahu, dan area tulang belakang. Hal-hal yang dapat memicu terjadinya keluhan *musculoskeletal disorders* adalah sebagai berikut.

- a. Memiliki beban kerja yang cukup berat dan terlalu sering melakukan gerakan mengangkat atau mendorong.
- b. Postur tubuh yang kurang baik, misalnya posisi tubuh yang membungkuk ketika bekerja.
- c. Memiliki beban kerja mental yang berlebihan, misalnya pekerjaan yang dilakukan bersifat monoton, memiliki tekanan pekerjaan, dan kurangnya motivasi kerja akibat hubungan antara rekan dan atasan yang kurang baik.
- d. Pekerjaan yang dilakukan bersifat berulang-ulang dan melibatkan getaran/vibrasi.

Selain empat faktor di atas, keluhan *musculoskeletal disorders* dapat disebabkan oleh faktor usia dan cedera. Usia yang semakin tua, akan mempengaruhi kemampuan tulang untuk menopang tubuh. Jika seorang lansia melakukan pekerjaan yang terlalu berat, maka akan rentan mengalami cedera.

2.2.2. Kuesioner *Nordic Body Map*

Nordic Body Map digunakan untuk mengetahui keluhan *musculoskeletal disorder* yang dirasakan pekerja. Kuesioner *Nordic Body Map* terdapat pembagian titik-titik bagian tubuh untuk mendeteksi bagian tubuh pekerja yang terasa sakit atau tidak nyaman. Dalam *worksheet Nordic Body Map* terdapat penilaian rasa sakit yang berbeda-beda. Penilaian tersebut dapat menggunakan huruf atau angka. Misalnya A, B, C, D, maka A penilaian yang tidak terlalu sakit dan diikuti D dengan penilaian

yang paling sakit. *Nordic Body Map* diklasifikasikan menjadi 28 titik bagian tubuh. Setelah kuesioner selesai diisi oleh responden maka total skor akan dijumlah. Kategori *action class* dari kuesioner *Nordic Body Map* dapat dilihat pada Tabel 2.2. sebagai berikut.

Tabel 2.2. Action Class Kuesioner Nordic Body Map

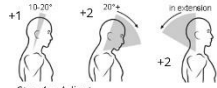
Total Skor	Tingkat Resiko	Tindakan
28 sampai 49	Rendah	Belum diperlukan perbaikan
50 sampai 70	Sedang	Perbaikan diperlukan di kemudian hari
71 sampai 90	Tinggi	Perbaikan diperlukan segera
91 sampai 122	Sangat Tinggi	Perbaikan diperlukan sesegera mungkin

2.2.3. REBA

Metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) pertama kali dikenalkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn Mc Atamney yang merupakan ahli ergonomi dari Universitas Nottingham. REBA adalah suatu metode yang dapat digunakan secara cepat untuk menilai postur kerja pada leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki dari pekerja. REBA dapat digunakan untuk mengevaluasi postur tubuh, penggunaan tenaga, jenis pergerakan, pengulangan, dan pegangan (Tarwaka, 2011). REBA dirancang agar mudah digunakan sehingga tidak diperlukan keahlian khusus serta dapat menghemat peralatan karena hanya memerlukan *worksheet* REBA dan alat tulis. Analisis postur kerja dengan menggunakan metode REBA dapat menggunakan lembar kerja (*worksheet*) seperti pada Gambar 2.1.

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



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

Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Step 3: Legs



Step 3a: Adjust...
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

Leg Score

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

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.

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	1	2	3
Legs	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Trunk	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Posture	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Score	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

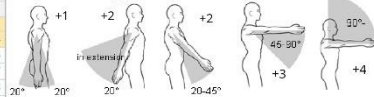
Table B	1	2
Wrist	1 2 3 1 2 3	1 2 3
Upper Arm	1 2 3 1 2 3	1 2 3
Score	1 2 3 1 2 3	1 2 3

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

Table C Score + Activity Score = REBA Score

B. Arm and Wrist Analysis

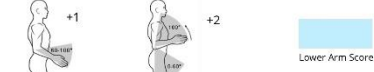
Step 7: Locate Upper Arm Position:



Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:



Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:



Wrist Score

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**

Posture Score B

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 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

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

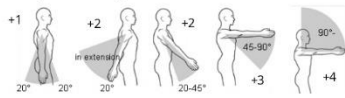
Gambar 2.1. Worksheet REBA

2.2.4. RULA

Analisis RULA digunakan untuk mengestimasi terjadinya risiko keluhan otot skeletal khususnya pada tubuh bagian atas (*upper limb*). RULA cocok dilakukan pada kondisi pekerjaan yang memiliki gerakan repetitif, diperlukan adanya penguatan otot dan kekuatan, serta aktivitas statis pada otot skeletal (Tarwaka, 2011). Hasil akhir dari *worksheet* RULA merupakan *grand* skor dengan tingkatan sebagai berikut: level 1 (skor 1-2, tidak ada masalah), level 2 (skor 3-4, diperlukan investigasi lebih lanjut), level 3 (skor 5-6, diperlukan investigasi dan perbaikan segera), dan level 4 (skor 7, diperlukan investigasi dan perbaikan sesegera mungkin).

A. Arm and Wrist Analysis

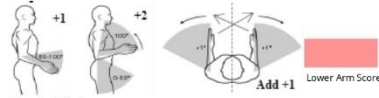
Step 1: Locate Upper Arm Position:



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

Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Add +1
Lower Arm Score

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

Wrist Twist Score

Wrist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2

If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

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

		Scores						
		Neck, Trunk, Leg Score						
Wrist / Arm Score	Posture Score A	1	2	3	4	5	6	7+
		1	2	3	4	5	6	7+
1	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	5
2	1	4	3	3	3	4	5	6
	2	5	4	4	4	5	6	7
	3	6	4	4	5	6	7	7
3	1	7	5	5	6	6	7	7
	2	8	5	6	6	7	7	7
	3	9	6	6	7	7	7	7

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

Wrist & Arm Score

RULA Score

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

Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



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

Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1

If not: +2

Leg Score

		Table B: Trunk Posture Score					
		Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
Neck Posture Score	Trunk Posture Score	1	2	3	4	5	6
		1	2	3	4	5	6
1	1	1	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	4	5	6
	3	3	3	4	4	5	6
2	1	4	5	5	6	6	7
	2	5	5	6	6	7	7
	3	6	6	7	7	7	8
3	1	7	7	7	8	8	8
	2	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	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 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2

If more than 22 lbs. or repeated or 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.

Posture B Score

Muscle Use Score

Force / Load Score

Neck, Trunk, Leg Score

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

Gambar 2.2. Worksheet RULA

2.2.5. Antropometri

Antropometri merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang pengukuran yang bersifat sistematis mengenai fisik tubuh manusia, terutama mengenai dimensi, bentuk, dan ukuran tubuh sebagai perbandingan serta klasifikasi yang bersifat antropologis (Nurmianto, 2008). Dalam pengukuran antropometri secara statis, dilakukan beberapa pengukuran dimensi tubuh seperti: tinggi badan, berat badan, tinggi siku duduk, jarak antar sendi, volume tubuh, berat tubuh, massa tubuh, lingkar tubuh, dan sebagainya. Sedangkan pada pengukuran antropometri secara dinamis, biasanya dilakukan pengukuran terhadap: jangkauan, lebar lalu Lalang orang berjalan, tenaga injak pada jari kaki, kekuatan jari saat menggenggam, dan sebagainya.

Perancangan fasilitas kerja diperlukan dimensi antropometri yang sesuai dengan pekerjaanya. Oleh sebab itu, pengukuran dimensi antropometri dilakukan terhadap pekerja di departemen yang diuji yang dipadukan dengan data antropometri dengan populasi yang sesuai. Kemudian data yang terkumpul akan diuji normalitas

dan standar deviasi untuk mengetahui data tersebut sudah terdistribusi normal dan sudah mewakili populasi.

2.2.6. Produktivitas Kerja

Secara teoretis, produktivitas didefinisikan sebagai suatu konsep universal yang bertujuan menyediakan lebih banyak barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhan manusia dengan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang terbatas (Tarwaka dkk, 2004). Pencapaian tingkat produktivitas yang optimal memerlukan pendekatan multidisipliner yang mengintegrasikan berbagai aspek seperti kemampuan, keahlian, modal, teknologi, manajemen, informasi, dan sumber daya lainnya dalam upaya peningkatan kualitas kehidupan manusia. Konsep produktivitas dapat dipahami sebagai perbandingan antara hasil produksi (*output*) dengan sumber daya yang digunakan (*input*) dalam periode waktu tertentu. Produktivitas dapat dievaluasi melalui beberapa pendekatan, yaitu: pertama, membandingkan jumlah produksi atau hasil kerja dengan jumlah *input* atau sumber daya yang sama; kedua, membandingkan jumlah produksi yang sama atau meningkat dengan *input* yang lebih efisien; dan ketiga, membandingkan peningkatan produksi dengan penambahan sumber daya yang relatif minimal.

Berdasarkan ruang lingkup pengukurannya, produktivitas dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama.

- a. Produktivitas total, merupakan perbandingan komprehensif antara total hasil produksi dengan seluruh *input* yang digunakan dalam periode waktu tertentu. Dalam perhitungan produktivitas total, semua faktor *input* seperti tenaga kerja, modal, bahan baku, dan energi diperhitungkan secara menyeluruh terhadap total *output* yang dihasilkan.
- b. Produktivitas parsial, merupakan perbandingan antara hasil produksi dengan satu jenis *input* atau faktor produksi tertentu dalam periode waktu yang sama, seperti produktivitas tenaga kerja, produktivitas modal, produktivitas bahan baku, produktivitas energi, dan sebagainya.

Perhitungan produktivitas parsial tenaga kerja dan rasio produktivitas tenaga kerja dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

- a. Produktivitas Tenaga Kerja

$$\text{Produktivitas Tenaga Kerja} = \frac{\text{Keluaran}}{\text{Jenis Masukan} \times \text{Waktu}} \quad (2.1.)$$

Persamaan sebelum perbaikan adalah sebagai berikut.

$$\text{Sebelum Perbaikan: } P_k = \frac{K}{M} \quad (2.2.)$$

Sedangkan untuk persamaan setelah perbaikan adalah sebagai berikut.

$$\text{Sebelum Perbaikan: } P'_k = \frac{K'}{M'} \quad (2.3.)$$

Keterangan:

P_k : produktivitas tenaga kerja sebelum perbaikan

M : masukan per orang per satuan waktu

K : keluaran (rerata hasil kerja) per orang per satuan waktu

P'_k : produktivitas tenaga kerja setelah perbaikan

M' : masukan per orang per satuan waktu setelah perbaikan ($M + Y$), dimana Y merupakan biaya perbaikan

K' : keluaran (rerata hasil kerja) per orang per satuan waktu ($K \pm X$), dimana X merupakan kenaikan atau penurunan hasil kerja rerata per orang per satuan waktu.

b. Rasio Produktivitas Tenaga Kerja (ρ)

$$\rho = \frac{\text{Produktivitas Tenaga Kerja Setelah Perbaikan } (P'_k)}{\text{Produktivitas Tenaga Kerja Sebelum Perbaikan } (P_k)} \quad (2.4.)$$

$$\rho = \frac{(K \pm X)/(M + Y)}{K/M} = \left(K \pm \frac{X}{K} \right) \times \left(\frac{M}{M} + Y \right)$$

Produktivitas dapat dikatakan terjadi peningkatan apabila $P'_k > P_k$, jika $P'_k = P_k$ maka produktivitas setelah perbaikan adalah sama dengan produktivitas sebelum perbaikan.

Berdasarkan penelitian dari Simpen (2019) perbaikan fasilitas kerja pada pekerja bagian pembungkus dodol dapat meningkatkan produktivitas sebesar 15% hingga 22%. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2014), hasil perbaikan sistem kerja dan lingkungan kerja pada industri karet dapat meningkatkan produktivitas sebesar 20,29% pada setiap *shift*-nya.

2.2.7. Paired T-Test

Uji t sampel berpasangan (*paired t-test*) merupakan salah satu metode statistik parametrik yang digunakan untuk menguji perbedaan rerata antara dua kelompok data yang saling berhubungan, biasanya berasal dari pengukuran yang dilakukan terhadap subjek yang sama dalam dua kondisi berbeda (Ghozali, 2018). Pengujian ini sering digunakan dalam penelitian eksperimen untuk menilai dampak dari suatu perlakuan dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test* pada individu yang sama. Tujuan utama dari *paired t-test* adalah untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara dua nilai rata-rata dari pengukuran yang dilakukan pada unit subjek yang sama dalam dua waktu atau kondisi yang berbeda (Muhid, 2019). Agar uji ini dapat diterapkan secara valid, beberapa asumsi dasar harus terpenuhi (Priyatno, 2016), yaitu:

- Data merupakan skala interval atau rasio.
- Data terdiri dari pasangan observasi yang saling berhubungan (misalnya, sebelum dan sesudah perlakuan pada subjek yang sama).
- Selisih antara pasangan data (nilai sebelum - sesudah) mengikuti distribusi normal.
- Tidak terdapat pencilan (*outlier*) ekstrem yang dapat memengaruhi hasil pengujian.

Menurut Santoso (2019), menentukan t-hitung dalam uji *paired t-test* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}} \quad (2.5.)$$

Keterangan:

$\bar{d}$: rata-rata dari selisih setiap pasangan nilai

S_d : simpangan baku dari nilai-nilai selisih

n : jumlah pasangan data

Langkah-langkah pengujian *paired t-test* dapat dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

- Merumuskan hipotesis.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata antara dua kondisi.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata antara dua kondisi.

- Menghitung selisih antara masing-masing pasangan data.

- c. Menentukan rata-rata dan simpangan baku dari nilai-nilai selisih.
- d. Menghitung nilai t-hitung menggunakan rumus di atas.
- e. Menentukan nilai t-tabel berdasarkan derajat kebebasan dan taraf signifikansi. Derajat kebebasan adalah $df = n - 1$ dan taraf signifikansi adalah α (*alpha*) yang umumnya bernilai 0,05.
- f. Membandingkan nilai t-hitung dengan t-tabel atau menggunakan *p-value*.

Kriteria pengambilan keputusan dapat ditentukan dengan dua pendekatan, yaitu:

- a. Jika $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ maka H_0 ditolak, artinya terdapat perbedaan yang signifikan.
- b. Jika $t\text{-hitung} \leq t\text{-tabel}$ maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Atau secara alternatif:

- a. Jika $p\text{-value} < 0,05$ maka H_0 ditolak.
- b. Jika $p\text{-value} \geq 0,05$ maka H_0 diterima.

