

## DAFTAR ISTILAH

- Kereta MHE : Troli pengangkut part *pulley assy driven*.
- Pulley assy driven* : Salah satu suku cadang dalam sepeda motor bertransmisi otomatis yang berfungsi sebagai penyalur tenaga putaran mesin ke putaran ban.
- Belt drive* : Salah satu suku cadang dalam sepeda motor bertransmisi otomatis yang berfungsi sebagai penghubung antara putaran mesin dengan *pulley assy*
- Lifter* : Alat pengangkat suatu benda, biasanya menggunakan sistem hidrolik untuk mengangkat benda yang berat
- Car scissor lifter* : Alat untuk mengangkat mobil dengan sistem hidrolik, biasanya terdapat di bengkel atau tempat cuci mobil

## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan swasta yang bergerak dibidang manufaktur, perakitan, dan distributor sepeda motor merek X. Perusahaan ini merupakan satu-satunya di Indonesia yang memiliki hak sebagai Agen Tunggal Pemegang Merek (ATPM) sepeda motor A. PT. XYZ merupakan pelopor industri sepeda motor di Indonesia, didirikan pada 11 Juni 1971, awalnya hanya merakit, sedangkan komponennya diimpor dari Jepang dalam bentuk CKD (*Completely Knock Down*).

Saat ini PT. XYZ memiliki 4 fasilitas pabrik perakitan, salah satunya adalah fasilitas *Plant 3* yang berada di kawasan MM2100 Cikarang Barat, Bekasi. Di plant ini PT. XYZ memproduksi produk sepeda motor tipe K60, K46, K81, dan K93.

Pada fasilitas *Plant 3* ini, terdapat 10 lini produksi, salah satunya adalah *Assembly Engine* atau biasa disebut *Assy Engine*. Lini produksi ini merupakan tempat dimana unit mesin sepeda motor merk A tipe K93 dirakit. Salah satu stasiun kerja pada lini *Assembly Engine* adalah stasiun kerja *Pulley Assy Driven*, yang disebut dengan stasiun kerja M23. Pada stasiun kerja ini part *pulley assy* dan *belt drive* dirakit kedalam part *crankcase* yang berada di atas *conveyor* yang berjalan. Gambar I.1 menunjukkan part *pulley assy* dan *belt drive*, Gambar I.2 menunjukkan part *pulley assy* dan *belt drive* yang sudah dirakit pada *crankcase*.

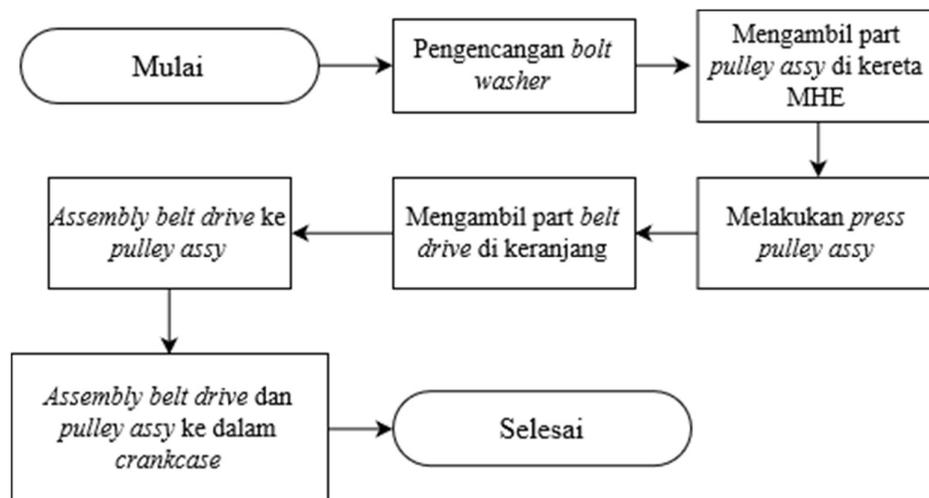


Gambar I.1 *Pulley Assy* dan *Belt Drive*



Gambar I.2 *Pulley Assy dan Belt Drive* yang sudah dirakit pada *crankcase*

Dalam memproses perakitan *pulley assy* dan *belt drive* tersebut, urutan pekerjaan yang dilakukan oleh operator ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar I.3:



Gambar I.3 Urutan pekerjaan stasiun kerja M23

Di antara proses perakitan *pulley assy* tersebut, berdasarkan observasi yang dilakukan, ditemukan masalah terkait ergonomis bagi operator, yaitu adanya *awkward position* atau posisi canggung yang dapat beresiko menyebabkan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs), yaitu ketika operator hendak mengambil part *pulley assy* pada keranjang ditumpukan bawah. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, operator harus membungkuk sebesar  $66^{\circ}$  hingga  $85^{\circ}$  pada tumpukan ketiga sampai tumpukan paling bawah seperti terlihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar I.4 Ilustrasi postur tubuh tumpukan ketiga



Gambar I.5 Ilustrasi postur tubuh tumpukan keempat



Gambar I.6 Ilustrasi postur tubuh tumpukan terbawah

Postur kerja tersebut disebabkan karena kereta MHE tidak bisa diatur ketinggiannya sehingga mengharuskan operator mengambil dengan cara membungkuk dengan tumpuan satu kaki untuk menjangkau part pada keranjang tumpukan bawah.

Perusahaan memiliki target produksi di setiap stasiun kerjanya untuk *cycle time* seluruh stasiun kerja yaitu  $\leq 22$  detik. Jika salah satu stasiun kerja melebihi waktu tersebut maka *conveyor* akan mengalami *delay* selama 5-10 detik sehingga akan mengganggu jalannya proses produksi di lini *assy engine 3C*. Tabel dibawah menunjukkan waktu siklus di setiap tumpukan keranjang part *pulley assy*.

Tabel I.1 Perbandingan *cycle time* standar dan *cycle time* aktual

Tumpukan ke-	<i>Cycle Time</i> Standar	<i>Cycle Time</i> Aktual	Waktu operator membungkuk
1	22 detik	21 detik	-
2		21 detik	-
3		23 detik	3 detik
4		25 detik	4 detik
5		25 detik	4 detik

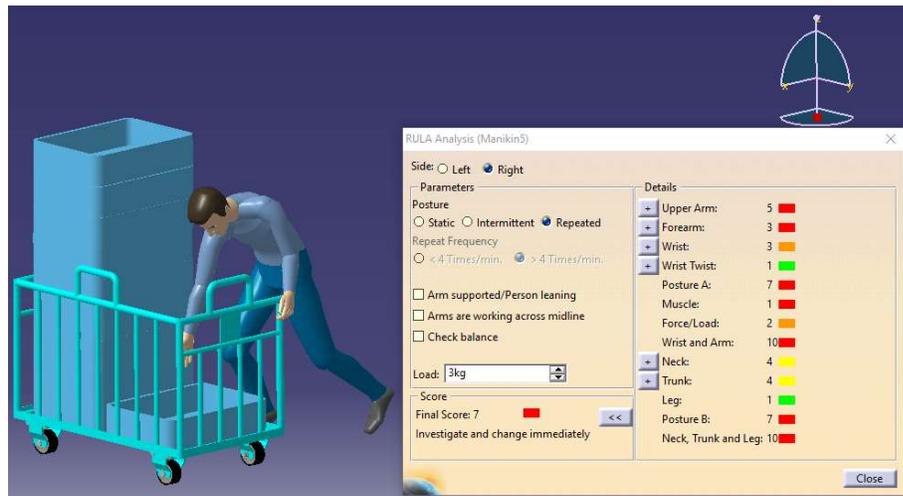
Berdasarkan observasi langsung, teridentifikasi bahwa stasiun kerja M23 sering mengalami *delay* pada tumpukan ke-3 hingga tumpukan ke-5, hal ini disebabkan postur kerja operator yang membungkuk. Selain tidak tercapainya target produksi perusahaan, postur membungkuk juga dapat beresiko menyebabkan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Postur membungkuk tersebut juga menyebabkan part *pulley assy* seringkali terjatuh ke lantai karena postur kerja operator yang berdiri dengan tumpuan satu kaki, sehingga mengakibatkan terjadinya *reject* pada part *pulley assy*. Operator melakukan postur kerja secara *awkward position* tersebut secara berulang-ulang oleh operator selama 7 jam setiap hari selama 5 hari seminggu. Menurut Neville (2004) yang dikutip dari (Fuad Maulana, 2013) pekerjaan yang dilakukan secara berulang dengan postur kerja yang buruk dapat menyebabkan keluhan menetap.

Pekerjaan yang menyebabkan *Musculoskeletal disorders* (MSDs) mendominasi timbulnya penyakit akibat bekerja seringkali diabaikan karena efek yang ditimbulkan tidak terjadi secara langsung, namun secara perlahan. Padahal MSDs dapat mengurangi tingkat presensi karyawan, mengurangi produktivitas pekerja, dan juga meningkatnya biaya kompensasi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan (Chang, Duy, Finkbeiner, & Krüger, 2016).

Pada tahun 2009, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa MSDs menyumbang lebih dari 10% kecacatan pada pekerja sepanjang tahun tersebut. Hal

ini menunjukkan bahwa masalah MSDs dalam aspek kesehatan dan keselamatan merupakan faktor kunci untuk meningkatkan kesejahteraan pekerja.

*Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) merupakan metode survey yang dikembangkan untuk menginvestigasi tingkat ergonomis pada area kerja yang berkaitan dengan tubuh bagian atas (Corlett, 2003). Dari Gambar I.7 dilihat bahwa postur kerja operator eksisting telah dianalisis menggunakan analisis RULA yang disimulasikan dengan menggunakan model manikin pada *software* Catia.



Gambar I.7 Hasil RULA postur kerja operator eksisting

Berdasarkan Gambar I.7 terlihat bahwa skor RULA yang didapat adalah 7 yang berarti penyelidikan dan perubahan dibutuhkan sesegera mungkin (mendesak).

Postur kerja yang tidak nyaman tersebut disebabkan karena kereta MHE tidak dapat diatur ketinggiannya sehingga operator harus membungkuk untuk meraih part *pulley assy* yang terletak di keranjang tumpukan bawah. Oleh karena itu maka dibutuhkan suatu alat yang dapat mengatur ketinggian dari kereta MHE agar operator dapat meraih part *pulley assy* tanpa harus membungkuk. Perancangan alat pengangkat kereta MHE ini menggunakan *reverse engineering and redesign methodology*. Pendekatan *Reverse Engineering* digunakan ketika melakukan perancangan ulang berdasarkan produk yang telah ada. *Reverse engineering* adalah proses umum untuk menganalisis teknologi secara khusus untuk mengidentifikasi bagaimana produk tersebut dirancang dan bagaimana cara produk itu bekerja (Tang, Zhu, & Xu, 2010).

## **I.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah tentang bagaimana rancangan alat bantu yang disarankan untuk mengurangi postur kerja membungkuk pada operator ketika bekerja.

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini sesuai dengan perumusan masalahnya yaitu untuk memberi usulan rancangan alat bantu agar mengurangi postur kerja membungkuk pada operator ketika bekerja.

## **I.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberi masukan bagi perusahaan untuk dipertimbangkan sebagai solusi untuk mencapai *cycle time* standar serta perbaikan postur kerja dengan usulan desain alat agar lebih ergonomis.
2. Membantu mengurangi risiko MSDs dan meningkatkan kenyamanan bagi operator dalam melakukan pekerjaannya jika usulan diterapkan

## **I.5 Batasan Penelitian**

Batasan yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Implementasi usulan dilakukan bergantung pada kebijakan perusahaan.
2. *Layout* stasiun kerja dan desain kereta MHE tidak dapat diubah.
3. Perancangan alat pengangkat usulan tidak dilakukan sampai tahap *detailed design*, melainkan hanya sampai tahap rancangan konsep.
4. Penelitian tidak melibatkan analisis finansial produk.
5. Penelitian tidak sampai pada tahap pembuatan *prototype*.

## **I.6 Sistematika Penulisan**

Penelitian ini diuraikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **Bab I Pendahuluan**

Pada bab ini berisi uraian mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **Bab II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini berisi literatur yang relevan dan pendapat para ahli dengan permasalahan yang diteliti dan dibahas pula hasil-hasil penelitian terdahulu. Bab ini akan membahas kosep-konsep yang akan menjadi kajian penelitian.

### **Bab III Metodologi Penelitian**

Pada bab ini dijelaskan metode konseptual dan sistematika pemecahan masalah penelitian secara rinci meliputi tahap pengumpulan data dan pengolahan data, tahap analisis dan usulan perbaikan dan selanjutnya tahap kesimpulan dan saran

### **Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada bab ini ditampilkan dan dijelaskan mengenai data umum perusahaan dan data-data yang dikumpulkan dari observasi di perusahaan. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan tahapan pengolahan sesuai dengan yang telah dijabarkan pada Bab III

### **Bab V Analisis**

Pada bab ini akan dilakukan analisis rancangan alat pengangkat kereta MHE dan membandingkan postur kerja eksisting dengan postur kerja usulan menggunakan uji RULA melalui simulasi.

### **Bab VI Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini akan ditampilkan kesimpulan dari hasil penelitian ini beserta saran untuk penelitian selanjutnya.

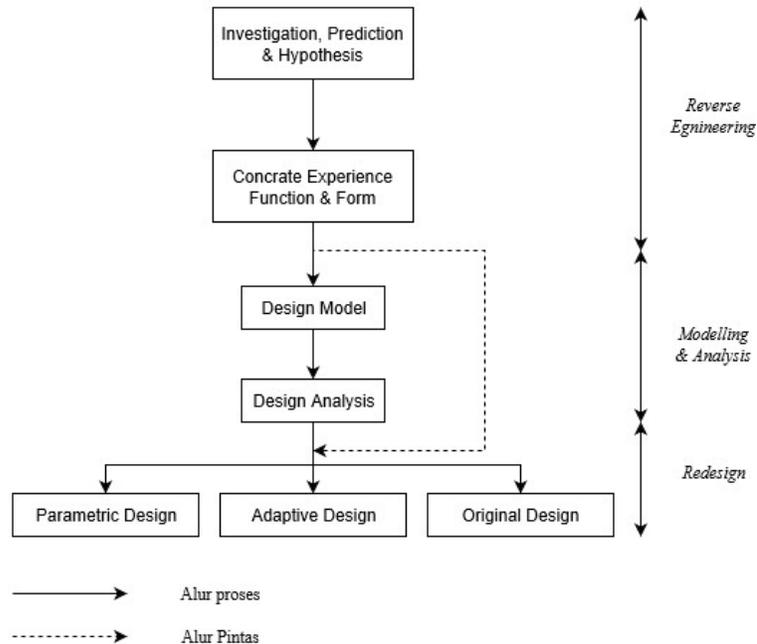
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Kajian Pustaka

#### II.1.1 *Reverse Engineering & Redesign Methodology*

Pada beberapa situasi, memungkinkan adanya bentuk fisik dari *part* suatu produk tanpa adanya rincian teknis, seperti gambar teknik, *bills of material*, atau tanpa spesifikasi teknis rinci. Proses *reverse engineering* (RE) merupakan proses menduplikasi *part* eksisting, *subassembly* atau produk yang ada tanpa gambar teknik, dokumentasi atau model komputer (Raja & Fernandes, 2008).

Berdasarkan (Tang et al., 2010) cakupan utama *Reverse Engineering* adalah untuk melakukan produksi ulang suatu objek yang sudah ada dengan menganalisis dimensi, fitur, bentuk, dan sifat dari objek tersebut sehingga data dari informasi yang dikumpulkan harus menjadi pengetahuan produk yang berkaitan di tingkat sistem, perwujudan, dan detail. Berdasarkan (Otto & Wood, 1998) dapat diketahui garis besar tiga tahapan pada *reverse engineering & redesign methodology* yaitu *reverse engineering*, *modeling & analysis*, dan *redesign* seperti ditunjukkan pada Gambar II.1:



Gambar II.1 Kerangka *reverse engineering and redesign methodology* (Otto & Wood, 1998)

### **II.1.2 Ergonomi**

Ergonomi ialah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencaoai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif aman, sehat, nyaman, dan efisien (Sutalaksana et al . 2006).

Parkes et al. (seperti dikutip dalam Kushwaha & Kane, 2016) menyatakan bahwa ergonomi adalah studi ilmiah tentang interaksi mesin dan manusia di tempat kerja. Tujuan dasar ergonomi adalah untuk menyesuaikan manusia dengan mesin secara bersamaan untuk memperbaiki performansi pekerja, mengurangi *stress* dan kelelahan di tempat kerja. Penerapan ergonomi sangat signifikan di area dimana aktivitas manual mempengaruhi kesehatan fisik dan mental karyawan secara langsung.

### **II.1.3 *Musculoskeletal Disorders* (MSDs)**

Tujuan dari setiap studi ergonomi adalah untuk meningkatkan kenyamanan, keamanan dan atau produktivitas dari pekerja (Leyshon, 2010).

*Musculoskeletal Disorders* (MSDs) atau gangguan otot rangka merupakan kerusakan pada otot, saraf, tendon, ligament, persendian, kartilago, dan *discus intervertebralis*. Penyebab utama terjadinya MSDs adalah postur tubuh yang salah. Postur tubuh adalah posisi bagian dari tubuh yang berhubungan dengan bagian tubuh lain yang dihubungkan oleh sudut sambungan (Setiawan et al., 2015). Buckle dan Devereux (seperti dikutip dalam Dianat, Kord, Yahyazade, Karimi, & Stedmon, 2015) mengemukakan bahwa *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) merupakan masalah kesehatan utama yang ada pada industri negara berkembang. Kontribusi manusia dalam pekerjaan manual masih mendominasi pada aktivitas manufaktur saat ini. Istilah yang digunakan untuk menggambarkan aktivitas ini adalah aktivitas *Manual Material Handling* (MMH) (Deros, Daruis, & Basir, 2015). *Manual Material Handling* (MMH) merupakan penyebab paling umum dari gangguan *musculoskeletal* (MSDs) dan *low back pain* (LBP) atau nyeri punggung

bagian bawah. Aktivitas MMH meliputi pengangkatan manual, menurunkan, mengangkat, mendorong, dan menarik beban (Deros et al., 2015).

#### II.1.4 Analisis Metode RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*)

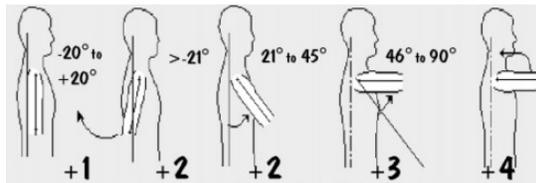
RULA merupakan metode survey yang dikembangkan untuk menginvestigasi tingkat ergonomis pada area kerja yang berhubungan dengan tubuh bagian atas. *Tools* ini tidak memerlukan piranti khusus dalam memberikan pengukuran postur leher, punggung, dan tubuh bagian atas sejalan dengan fungsi otot dan beban eksternal yang ditopang oleh tubuh (Mcatamney & Corlett, 1993). RULA digunakan untuk menilai postur, kekuatan, dan gerakan yang berhubungan dengan aktivitas yang tidak berpindah-pindah tempat, termasuk seperti aktivitas berbasis layar atau komputer, manufaktur, atau aktivitas ritel dimana operator duduk atau berdiri tanpa bergerak atau berpindah tempat menyatakan bahwa empat aplikasi utama RULA adalah untuk mengukur resiko muskuloskeletal menurut (Lueder, 1996) yang dikutip dalam (Yuvie Mutiarasari, 2013). Pada metode RULA, tubuh dibagi menjadi beberapa segmen yang membentuk dua grup bagian tubuh (Mcatamney & Corlett, 1993) sebagai berikut:

1. Grup A, terdiri dari *upper arm*, *lower arm*, *wrist*, dan *wrist twist* yang setelah dikonversi ke tabel ditambah dengan *muscle use score* dan *force/load score*.
2. Grup B, terdiri dari *neck*, *trunk*, *legs*, yang setelah dikonversi ke tabel ditambah dengan *muscle activity* dan *force/load score*.

Berikut rincian bagian tubuh grup A dan grup B yang didapat dari *website* <http://ergo-plus.com/>:

##### II.1.3.1 Grup A

###### a. Upper Arm



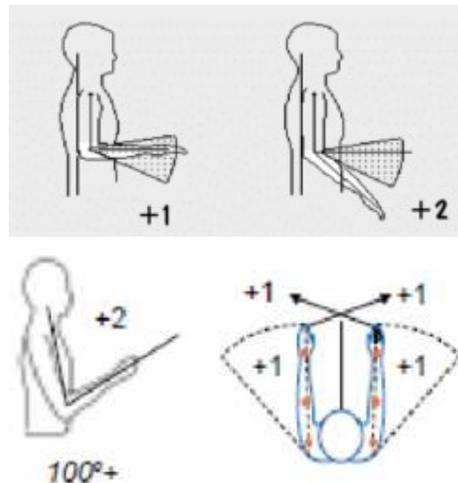
Gambar II.2 Postur Lengan Atas RULA

Penilaian skor *upper arm* atau lengan atas RULA, terdiri dari empat skor penilaian, semakin kecil skor, maka semakin rendah tindakan perbaikan diperlukan.

Tabel II.1 Penilaian Postur Lengan Atas RULA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Lengan atas membentuk sudut $-20^{\circ}$ sampai $20^{\circ}$	1	+1 jika bahu diangkat. +1 jika lengan atas abduksi. -1 jika lengan disokong atau orang tersebut bersandar
Lengan atas membentuk sudut $21^{\circ}$ - $45^{\circ}$ kedepan	2	
Lengan atas membentuk sudut $>20^{\circ}$ ke belakang	2	
Lengan atas membentuk sudut $46^{\circ}$ - $90^{\circ}$	3	
Lengan atas membentuk sudut lebih dari $90^{\circ}$	4	

**b. Lower Arm**

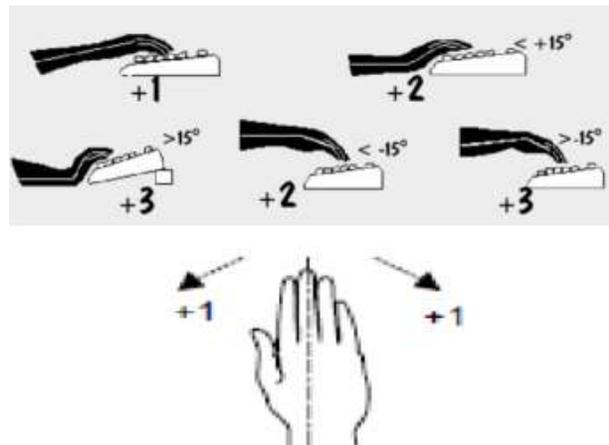


Gambar II.3 Postur Lengan Bawah RULA

Tabel II.2 Penilaian Postur Lengan Bawah RULA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
60° - 100° keatas	1	+1 apabila lengan bawah bekerja melewati garis tengah badan. +1 bila lengan bergerak kearah luar badan
0° - 60°	2	
Lebih dari 100°	2	

c. *Wrist*



Gambar II.4 Postur Lengan Bawah RULA

Tabel II.3 Penilaian Postur Pergelangan Tangan RULA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
0°	1	+1 bila gerak ke kanan atau kiri dari garis tengah
0° - 15° ke bawah dan keatas	2	
>15° ke bawah dan keatas	3	

Tabel II.4 Penilaian Postur Putaran Pergelangan Tangan RULA

Pergerakan	Skor
Secara umum berada di <i>range</i> garis tengah	1
Pergelangan tangan berputar atau mendekati akhir dari <i>twisting range</i>	2

Tabel II.4 Nilai Postur Grup A

		Wrist Score							
		1		2		3		4	
		Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist
UpperArm	LowerArm	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabel II.6 Penggunaan Otot

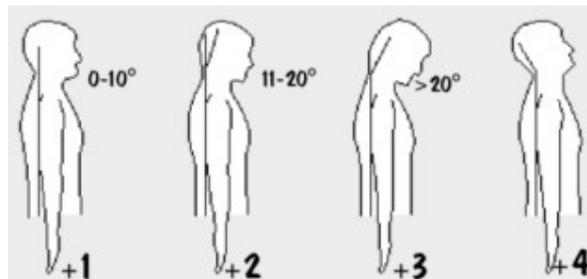
Keterangan	Skor
Postur secara umum statis, seperti bertahan selama lebih dari 1 menit	+1
Kegiatan berulang sebanyak 4 kali per menit atau lebih	+1

Tabel II.7 Gaya yang Digunakan (*Force*)

Beban Tubuh	Skor
Beban kurang dari 2 kg, <i>intermittent</i>	+0
2 kg – 10 kg, <i>intermittent</i>	+1
2 kg – 10 kg, statis atau berulang	+2
Beban lebih dari 10 kg, berulang atau tiba-tiba	+3

### II.I.3.2 Grup B

#### a. Neck

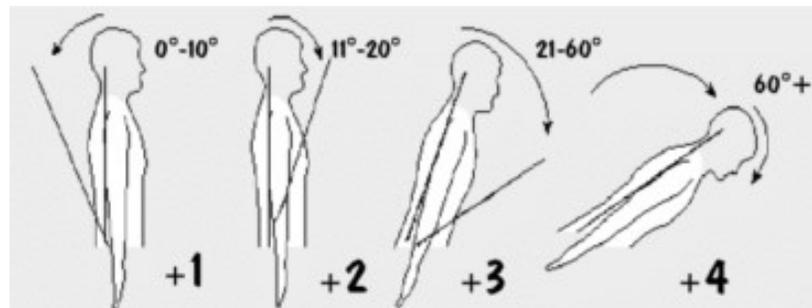


Gambar II.5 Postur Leher RULA

Tabel II.8 Penilaian Postur Leher RULA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Menunduk 0° - 10°	1	+1 bila leher <i>twisted</i>
Menunduk 10° - 20°	2	+1 bila leher <i>side bending</i>
Menunduk lebih dari 20°	3	
Menengadah/melihat ke atas	4	

b. *Trunk*



Gambar II.6 Postur Badan RULA

Tabel II.9 Penilaian Postur Badan RULA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Berdiri tegak lurus	1	+1 bila badan <i>twisted</i>
Bungkuk 0° - 10° ke depan	1	+1 bila badan <i>side bending</i>
Bungkuk 11° - 20° ke depan	2	
Bungkuk 20° - 60° ke depan	3	
Bungkuk >60° ke depan	4	

c. *Legs*

Tabel II.10 Penilaian Kaki RULA

Pergerakan	Skor
Kaki disokong dan seimbang	1
Kaki tidak seimbang	2

Tabel II.11 Nilai Postur Grup B

	Trunk Posture Score											
	1		2		3		4		5		6	
	Leg Score		Leg Score		Leg Score		Leg Score		Leg Score		Leg Score	
Neck	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Tabel II.12 Nilai Akhir RULA

Skor Grup B							
Skor Grup A	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Range Nilai	Warna	Kemungkinan timbul cedera pada postur tubuh
1 dan 2	Hijau	Dapat diterima
3 dan 4	Kuning	Penyelidikan lebih lanjut dibutuhkan dan kemungkinan perubahan diperlukan
5 dan 6	Orange	Penyelidikan dan perubahan dibutuhkan segera
7	Merah	Penyelidikan dan perubahan dibutuhkan sesegera mungkin (mendesak)

### II.1.5 Antropometri

Antropometri adalah dasar ergonomi dalam dimensi tubuh pekerja untuk mendesain pekerjaan, tempat kerja, perlengkapan, peralatan, dan alat pelindung diri (Sanders, M. S. & McCormick, 1993). Para ahli harus mengetahui dasar-dasar antropometri untuk membuat rekomendasi yang meminimalkan kelelahan dari pekerja dan risiko