

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi

2.1.1 Definisi Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu “ergon” yang berarti kerja dan “nomos” berarti hukum alam. Ergonomi dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain (Nurmianto,2008). Ergonomi mempelajari ilmu, seni serta penerapan teknologi untuk menelaraskan aktivitas pada saat manusia sedang bekerja atau beristirahat dengan keterbatasan kemampuan manusia dalam aspek fisik dan mental sehingga kualitas hidup akan menjadi lebih baik (Tarwaka and Bakri, 2016).

Ergonomi adalah disiplin ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan elemen lainnya di dalam sebuah sistem, dan profesi yang mengaplikasikan prinsip-prinsip teori, data dan metode untuk mendesain kerja yang mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan (IEA, 2002). Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari tentang karakteristik manusia di lingkungan kerja agar tercipta kondisi yang efektif, efisien, aman dan nyaman serta tidak menimbulkan penyakit akibat kerja ataupun kecelakaan kerja (Pheasant,1991).

Fokus ergonomi melibatkan tiga komponen utama yaitu manusia, mesin dan lingkungan yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. Interaksi tersebut menghasilkan suatu sistem kerja yang tidak bisa dipisahkan antara yang satu dengan yang lainnya yang dikenal dengan istilah *worksystem* (Bridger, 2003).

Secara singkat ergonomi bermakna sebagai ilmu yang meneliti tentang hubungan manusia dengan lingkungan kerjanya. Yang dimaksud dengan lingkungan kerja disini adalah lingkungan sekitar dimana manusia bekerja,

metode kerja, pengaturan kerja, alat-alat atau mesin yang digunakan, bahan, manusia dan lingkungan yang dinamakan sistem kerja. (Nurmianto, 1996).

2.1.2 Tujuan Ergonomi

Ergonomi juga merupakan suatu ilmu terapan yang menyelaraskan (*fitting*) stasiun kerja dan jenis pekerjaan dengan kapabilitas dari pekerja itu sendiri. Tujuannya adalah untuk menurunkan tingkat risiko cedera dan meningkatkan motivasi dalam bekerja serta sekaligus meningkatkan produktivitas dari aktivitas pekerjaan dalam suatu stasiun kerja (Rovanaya, 2015).

Menurut Tarwaka (2004) ergonomi mempunyai tujuan untuk menciptakan kesehatan, kenyamanan, keselamatan, dan meningkatkan produktivitas kerja sebaik mungkin. Berikut ini adalah tujuan ergonomi :

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

2.2 Musculoskeletal Disorders (MSDs)

2.2.1 Definisi MSDs

Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) dan WHO, MSDs merupakan gangguan yang disebabkan seseorang melakukan aktivitas kerja sehingga mempengaruhi adanya fungsi normal pada sistem muskuloskeletal yang mencakup saraf, tendon, dan otot. Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu

yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Studi tentang muskuloskeletal pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan adalah otot rangka yang meliputi otot leher, bahu, lengan, jari, punggung, pinggang, dan otot bagian bawah (Tarwaka, 2010). Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua (Grandjean, 1993; Lemasters, 1996) :

1. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan, dan
2. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

2.2.2 Faktor Penyebab Terjadinya MSDs

Peter Vi (2000) menjelaskan bahwa, terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal :

1. Peregangan otot yang berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan pada umumnya sering dikeluhkan oleh pekerja dimana aktivitas kerjanya menuntut pengerahan tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena pengerahan tenaga yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot. Apabila hal serupa sering dilakukan, maka dapat mempertinggi resiko terjadinya keluhan otot, bahkan dapat menyebabkan terjadinya cedera otot skeletal.

2. Aktivitas berulang

Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkat angkut dan sebagainya. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

3. Sikap kerja tidak alamiah

Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat, dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot skeletal (Grandjean, 1993; Anis & McCnville, 1996; Waters & Anderson, 1996 & Manuaba, 2000).

4. Faktor penyebab sekunder

a. Tekanan

Terjadinya tekanan langsung pada jaringan otot yang lunak. Sebagai contoh, pada saat tangan harus memegang alat, maka jaringan otot tangan yang lunak akan menerima tekanan langsung dari pegangan alat, dan apabila hal ini sering terjadi dapat menyebabkan rasa nyeri otot yang menetap.

b. Getaran

Getaran dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini menyebabkan peredaran darah tidak lancar, penimbunan asam laktat meningkat dan akhirnya timbul rasa nyeri otot (Suma'mur, 1982).

c. Mikroklimat

Paparan suhu dingin yang berlebihan dapat menurunkan kelincahan, kepekaan dan kekuatan pekerja sehingga gerakan pekerja menjadi lamban, sulit bergerak yang disertai dengan menurunnya kekuatan otot (Astrand & Rodhl, 1977; Pulat, 1992; Wilson & Corlett, 1992). Demikian juga dengan paparan udara yang panas. Beda suhu lingkungan dengan suhu tubuh yang terlampau besar menyebabkan sebagian energi yang ada dalam tubuh akan termanfaatkan oleh tubuh untuk beradaptasi dengan lingkungan tersebut. Sebagai akibatnya, peredaran darah kurang lancar, suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan terjadi penimbunan asam

laktat yang dapat menimbulkan rasa nyeri otot (Suma'mur, 1982; Grandjean, 1993).

5. Penyebab Kombinasi

Resiko terjadinya keluhan otot skeletal akan semakin meningkat apabila dalam melakukan tugasnya, pekerja dihadapkan pada beberapa faktor resiko dalam waktu yang bersamaan, misalnya pekerja harus melakukan aktivitas angkat angkut di bawah tekanan panas matahari seperti yang dilakukan oleh para pekerja bangunan. Di samping kelima faktor penyebab terjadinya keluhan otot tersebut di atas, beberapa ahli menjelaskan bahwa faktor individu seperti umur, jenis kelamin, kebiasaan merokok, aktivitas fisik dan ukuran tubuh juga dapat menjadi penyebab terjadinya keluhan otot skeletal.

a. Umur

Chaffin (1979) dan Guo et al. (1995) menyatakan bahwa pada umumnya keluhan otot skeletal mulai dirasakan pada usia kerja, yaitu 25-65 tahun. Keluhan pertama biasanya dirasakan pada umur 35 tahun dan tingkat keluhan akan terus meningkat sejalan dengan bertambahnya umur. Hal ini terjadi karena pada umur setengah baya, kekuatan dan ketahanan otot mulai menurun sehingga resiko terjadinya keluhan otot meningkat.

b. Jenis Kelamin

Walaupun masih ada perbedaan pendapat dari beberapa ahli tentang pengaruh jenis kelamin terhadap resiko keluhan otot skeletal namun penelitian secara signifikan menunjukkan bahwa jenis kelamin sangat mempengaruhi tingkat resiko keluhan otot. Hal ini terjadi karena secara fisiologis, kemampuan otot wanita memang lebih rendah daripada pria. Astrand & Rodahl (1977) menjelaskan bahwa kekuatan otot wanita hanya sekitar dua pertiga dari kekuatan otot pria, sehingga daya tahan otot pria pun lebih tinggi dibandingkan dengan wanita.

c. Kebiasaan Merokok

Sama halnya dengan faktor jenis kelamin, pengaruh kebiasaan merokok terhadap resiko keluhan otot juga masih diperdebatkan dengan para ahli, namun demikian beberapa penelitian telah membuktikan bahwa meningkatnya keluhan otot sangat erat hubungannya dengan lama dan tingkat kebiasaan merokok. Semakin lama dan semakin tinggi frekuensi merokok, semakin tinggi pula tingkat keluhan otot yang dirasakan.

d. Kesegaran Jasmani

Pada umumnya, keluhan otot lebih jarang ditemukan pada seseorang yang dalam aktivitas kesehariannya mempunyai cukup waktu untuk istirahat. Sebaliknya, bagi yang dalam kesehariannya melakukan pekerjaan yang memerlukan pengerahan tenaga yang besar, di sisi lain tidak mempunyai waktu yang cukup untuk istirahat, hampir dapat dipastikan akan terjadi keluhan otot. Laporan NIOSH yang dikutip dari hasil penelitian Cady et al. (1979) menyatakan bahwa untuk tingkat kesegaran tubuh yang rendah, maka resiko terjadinya keluhan adalah 7,1 %, tingkat kesegaran tubuh sedang adalah 3,2 % dan tingkat kesegaran tubuh tinggi adalah 0,8 %.

e. Kekuatan Fisik

Sama halnya dengan beberapa faktor lainnya, beberapa hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan, namun penelitian lainnya menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kekuatan fisik dengan keluhan otot skeletal. Chaffin and Park (1973) yang dilaporkan oleh NIOSH menemukan adanya peningkatan keluhan punggung yang tajam pada pekerja yang melakukan tugas yang menuntut kekuatan melebihi batas kekuatan otot pekerja.

f. Ukuran Tubuh (antropometri).

Walaupun pengaruhnya relatif kecil, berat badan, tinggi badan dan massa tubuh merupakan faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal. Vessy et al (1990) menyatakan bahwa wanita

yang gemuk mempunyai resiko dua kali lipat dibandingkan wanita kurus.

2.3 Beban Kerja

Beban kerja didefinisikan sebagai suatu perbedaan antara kapasitas atau kemampuan pekerjaan dengan tuntutan pekerjaan yang harus dihadapi (Rizki Nur, 2017). Menurut Oesman (2010) kerja manual dan berulang-ulang pada kondisi lingkungan yang panas merupakan salah satu faktor yang berpotensi meningkatkan beban kerja fisik dan terjadinya kecelakaan kerja sehingga dapat menimbulkan penyakit akibat kerja (keluhan muskuloskeletal dan kelelahan). Menurut Astrand & Rodahl (1997) bahwa penilaian beban kerja fisik dapat dilakukan dengan dua metode secara objektif, yaitu penilaian secara langsung dan metode tidak langsung.

Metode pengukuran langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan melalui asupan oksigen selama bekerja. Meskipun metode dengan menggunakan asupan lebih akurat, namun hanya dapat mengukur untuk waktu kerja yang singkat dan peralatan yang cukup mahal. Sedangkan metode pengukuran secara tidak langsung adalah dengan menghitung denyut nadi selama bekerja. Kategori beban kerja dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategori Beban Kerja

Kategori Beban Kerja	Konsumsi Oksigen (l/min)	Ventilasi Paru (l/min)	Suhu Rektal (°C)	Denyut Jantung (denyut/min)
Ringan	0,5-1,0	11-20	37,5	75-100
Sedang	1,0-1,5	20-31	37,5-38,0	100-125
Berat	1,5-2,0	31-43	38,0-38,5	125-150
Sangat berat	2,0-2,5	43-56	38,5-39,0	150-175
Sangat berat sekali	2,5-4,0	60-100	>39	>175

Sumber : (Christensen,1991)

2.4 Nordic Body Map (NBM)

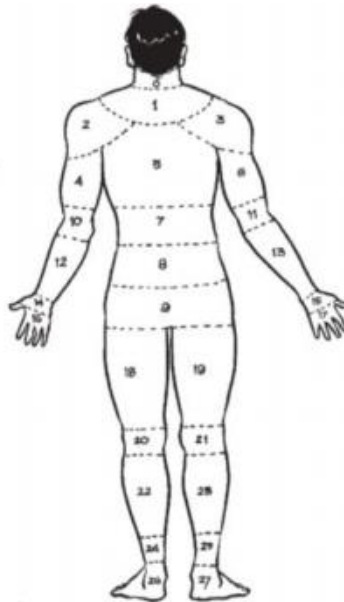
NBM digunakan untuk mengetahui keluhan MSDs yang dirasakan oleh pekerja. Keluhan MSDs diketahui dengan menggunakan kuesioner berupa jenis keluhan pada peta tubuh manusia. Melalui kuesioner ini dapat diketahui bagian otot yang mengalami keluhan mulai dari skala 1-4, skala 1 artinya tidak

sakit, skala 2 artinya cukup sakit, skala 3 artinya sakit dan skala 4 artinya sangat sakit (Santoso, 2004). Berikut merupakan klasifikasi tingkat risiko NBM yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan kuesioner NBM dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat Risiko Berdasarkan Total Skor Individu

Skala	Total Skor Individu	Tingkat Risiko	Tindakan Perbaikan
1	28-49	Rendah	Belum diperlukan tindakan perbaikan
2	50-70	Sedang	Mungkin diperlukan tindakan dikemudian hari
3	71-90	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
4	92-122	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan menyeluruh segera mungkin

(Tarwaka, 2004)



Gambar 2.1 Peta *Nordic Body Map*

Tabel 2.3 Kuesioner NBM (Wijaya, 2019)

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		1	2	3	4
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 lengan atas kiri				
5	Sakit di punggung				
6	Sakit lengan atas kanan				
7	Sakit pada pinggang				
8	Sakit pada bokong				
9	Sakit pada pantat				
10	Sakit pada siku kiri				
11	Sakit pada siku kanan				
12	Sakit pada lengan bawah kiri				
13	Sakit pada lengan 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				

2.5 Manual Task Risk Assessment (ManTRA)

2.5.1 Defisini ManTRA

ManTRA merupakan metode yang dikembangkan oleh Robin B. Limerick yang digunakan untuk menilai faktor fisik yang mungkin terjadi pada saat melakukan tugas secara manual. ManTRA merupakan metode evaluasi postur

kerja yang berguna untuk menilai faktor-faktor risiko yang terjadi pada pekerja saat melakukan pekerjaan. Variabel – variabel yang digunakan adalah waktu relatif penggunaan bagian tubuh atas (punggung, lengan bawah, leher atau bahu, pergelangan tangan atau tangan) dihitung terhadap total pekerjaan dalam satu hari, analisis karakteristik pengulangan (pengukuran siklus waktu dan durasi), pengerahan usaha (pengukuran gaya dan kecepatan), kecanggungan postur, dan getaran (Dennis & Burgess-Limerick, 2012). Aspek yang menjadi poin utama dari metode ManTRA dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Aspek Penilaian ManTRA

No	Aspek Pengamatan	Skor Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Pengukuran waktu total kerja	0-2 jam/hari	2-4 jam/hari	4-6 jam/hari	6-8 jam/hari	8-10 jam/hari
2	Pengukuran durasi aktivitas	<10 menit	10-30 menit	30-60 menit	60-120 menit	>120 menit
3	Pengukuran waktu siklus kerja	>5 menit	1-5 menit	30-60 detik	10-30 detik	<10 detik
4	Pengukuran kekuatan	Minimal kekuatan	-	Rata-rata kekuatan	-	Maksimal kekuatan
5	Pengukuran kecepatan	Pergerakan lambat	Sedang	Pergerakan lambat dan postur tidak statis	Pergerakan cepat dan lancar	Cepat tetapi kerjanya tersendak
6	Pengukuran faktor risiko kekakuan	Postur netral	Penyimpangan 1 arah	Penyimpangan lebih dari 1 arah	Berbagai gerakan dan hanya 1 arah	Berbagai gerakan dan lebih 1 arah
7	Pengukuran faktor risiko getaran	Tidak ada	Rendah	Rata-rata	Tinggi	Sangat tinggi

Sumber : (Robin B. Limerick, 2004)

2.5.2 Langkah – langkah Penilaian Metode ManTRA

Berikut merupakan langkah-langkah melakukan penilaian tingkat risiko cidera menggunakan metode ManTRA :

a. Pengukuran Total Waktu

Total waktu merupakan waktu rata-rata yang dihabiskan untuk melakukan pekerjaan dalam satu hari. Pengukurannya total waktu dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Pengukuran Total Waktu (Limerick, 2004)

Waktu	0-2 jam/hari	2-4 jam/hari	4-6 jam/hari	6-8 jam/hari	> 8 jam/hari
Skor	1	2	3	4	5

b. Pengukuran Faktor Risiko yang Berulang

Pengulangan dinilai dengan menentukan waktu siklus dan durasi suatu tugas pada setiap bagian tubuh. Waktu siklus merupakan durasi waktu dari suatu tugas yang dikerjakan lebih dari satu kali tanpa adanya gangguan. Durasi adalah waktu dimana tugas yang memiliki siklus berulang dilakukan tanpa satu atau banyak gangguan. Tabel pengukuran waktu siklus dan waktu durasi dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Waktu Siklus dan Waktu Durasi (Limerick, 2004)

Waktu Siklus	> 5 menit	1-5 menit	30 detik - 1 menit	10 -30 detik	< 10 detik
Skor	1	2	3	4	5

Waktu Durasi	< 10 menit	10 - 30 menit	30 - 60 menit	1 - 2 jam	> 2 jam
Skor	1	2	3	4	5

Faktor risiko yang berulang ditentukan dengan mencantumkan skor dari waktu siklus dan durasi pada Tabel faktor risiko yang berulang. Tabel faktor risiko yang berulang dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Faktor Risiko yang Berulang (Limerick, 2004)

Skor Waktu Siklus	Skor Durasi				
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	4
2	1	2	3	4	4
3	2	3	4	4	5
4	2	3	4	5	5
5	3	4	5	5	5

c. Pengukuran Faktor Risiko Akibat Pengerahan Tenaga

Sama halnya dengan faktor risiko yang berulang dengan durasi dan siklus waktu, nilai dari faktor risiko akibat pengerahan tenaga ditentukan dari skor gaya/kekuatan dan kecepatan. Pengukuran faktor risiko pengerahan tenaga dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Faktor Gaya dan Kecepatan (Limerick, 2004)

Jumlah Gaya/ Kekuatan	Gaya/ Kekuatan minimal		Gaya/ Kekuatan sedang		Gaya/ Kekuatan maksimal
Skor	1	2	3	4	5

Jumlah Kecepatan	Kecepatan lambat	Sedang atau cukup cepat	Kecepatan lambat dan dinamis	Cepat dan lancar	Cepat dan tersentak- sentak
Skor	1	2	3	4	5

Faktor risiko akibat pengerahan tenaga ditentukan dengan mencantumkan skor-skor dari kekuatan dan kecepatan pada Tabel faktor risiko akibat pengerahan tenaga dapat dilihat pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Faktor Risiko Akibat Pengerahan Tenaga (Limerick, 2004)

Skor Kecepatan	Skor Kekuatan				
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	4
2	1	2	3	4	4
3	2	3	4	4	5
4	2	3	4	5	5
5	3	4	5	5	5

d. Pengukuran Faktor Risiko Kekakuan

Kekakuan didefinisikan sebagai derajat deviasi dari tulang sendi. Semakin besar deviasi, semakin besar tingkat bahayanya. Pengukuran faktor risiko kekakuan dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Faktor Resiko Kekakuan (Limerick, 2004)

Jumlah Kekakuan	Postur netral	Penyimpangan hanya 1 arah	Penyimpangan lebih dari 1 arah	Berbagai gerakan dan hanya 1 arah	Berbagai gerakan dan lebih dari 1 arah
Skor	1	2	3	4	5

e. Pengukuran Faktor Risiko Getaran

Faktor yang harus dipertimbangkan dalam mengevaluasi suatu pekerjaan yang menimbulkan faktor risiko getaran. Pengukuran faktor risiko getaran dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2.11 Faktor Resiko Getaran (Limerick, 2004)

Jumlah Getaran	Tidak ada	Minimal	Rata-rata	Besar	Keras
Skor	1	2	3	4	5

f. Menghitung Total Skor ManTRA

Perhitungan total yaitu dengan menjumlahkan keseluruhan nilai pada masing-masing aspek faktor risiko. Keseluruhan aspek penilaian akan direkap kedalam Tabel seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.12

Tabel 2.12 Perhitungan Total Skor ManTRA (Limerick, 2004)

Aspek Risiko Kerja	Data Pengamatan			
	Punggung	Lengan Bawah	Leher/Bahu	Pergelangan tangan
Total waktu kerja				
Durasi aktivitas				
Waktu siklus				
Faktor risiko berulang				
Gaya/kekuatan				
Kecepatan				
Faktor risiko pengerahan tenaga				
Faktor kekakuan				
Faktor getaran				
Risiko Kumulatif				

Setelah total skor didapatkan, langkah selanjutnya adalah menganalisis skor ManTRA. Tindakan lebih lanjut perlu dilakukan bila salah satu bagian tubuh memiliki :

- 1) Nilai faktor risiko untuk pengerahan tenaga sebesar 5.
- 2) Jumlah dari nilai pengerahan tenaga dan kekakuan sebesar 8 atau lebih.
- 3) Nilai kumulatif risiko dari keseluruhan tubuh sebesar 15 atau lebih.

2.6 Job Strain Index (JSI)

2.6.1 Definisi JSI

JSI merupakan metode untuk mengevaluasi tingkatan risiko dari sebuah pekerjaan yang dapat menyebabkan cedera pada bagian atas yaitu tangan, pergelangan tangan, lengan atas, atau siku (Moore dan Grag, 1995). Metode ini digunakan apabila ingin mengevaluasi risiko cedera pada pekerjaan yang menggunakan tangan secara intensif. Selain itu pengamatan yang dilakukan harus secara langsung untuk melihat bagaimana keadaan operator pada saat bekerja.

2.6.2 Langkah – langkah Penilaian Metode JSI

Berikut merupakan langkah-langkah melakukan penilaian tingkat risiko cedera menggunakan metode JSI (Moore dan Grag, 1995) :

a. Menentukan 6 variabel

1) Intensitas Usaha (*Intensity of Exertion / IE*)

Intensitas usaha merupakan estimasi kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan tugas yang ada dalam suatu waktu. Nilai intensitas usaha diperoleh dari hasil pengukuran denyut nadi pekerja. Kategori intensitas usaha dapat dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2.13 Intensitas Usaha (*Intensity of Exertion/IE*)

No	Kategori Beban Kerja	Denyut Nadi (per menit)
1	Ringan	75-100
2	Sedang	100-125
3	Berat	125-150
4	Sangat berat	150-175
5	Mendekati maksimal (ekstrim)	>175

Sumber : (Tarwaka, 2004)

2) Durasi Usaha (*Duration of Exertion/DE*)

Durasi usaha dihitung dengan mengukur durasi selama periode observasi (*duration full exertions*) dibagi dengan total waktu observasi

(*total observation time*), kemudian dikalikan dengan 100. Berikut merupakan persamaan untuk mendapatkan presentase durasi usaha :

$$\% DE = 100 \times \frac{\text{durasi usaha}}{\text{total waktu observasi}} \dots \dots \dots (2.1)$$

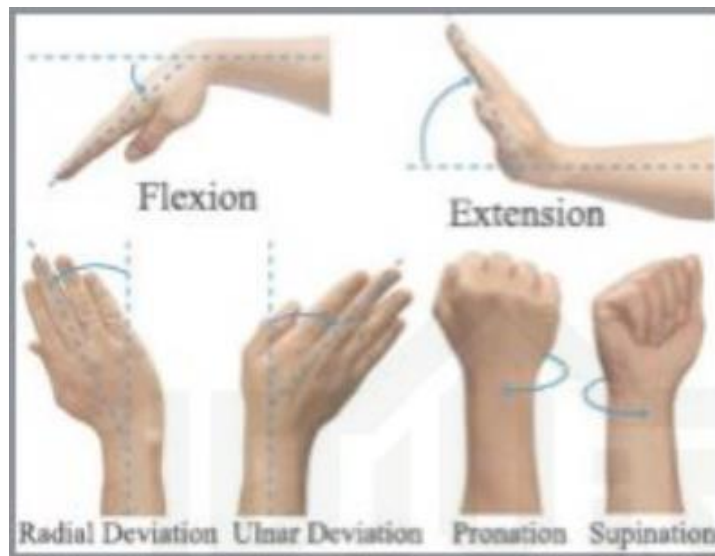
3) Usaha per menit (*Efforts per Minute/EM*)

Usaha per menit adalah jumlah aktivitas per menit atau frekuensi pekerjaan per menit. Jumlah usaha per menit didapatkan dari hasil aktivitas dibagi dengan total waktu observasi dalam satuan menit. Perhitungan jumlah usaha per menit adalah sebagai berikut :

$$EM = \frac{\text{Jumlah aktivitas}}{\text{Total waktu observasi}} \dots \dots \dots (2.2)$$

4) Posisi Tangan atau Pergelangan Tangan (*Hand/Wrist Posture/HWP*)

Posisi tangan/pergelangan tangan pada saat melakukan aktivitas (Moore and Garg, 1995)



Gambar 2.2 Posisi Tangan atau Pergelangan Tangan

Penilaian posisi tangan menurut Moore dan Garg (1995) dapat dilihat pada Tabel 2.14

Tabel 2.14 Nilai Postur Tangan/ Pergelangan Tangan

Postur yang dirasa	Postur Tangan/Pergelangan Tangan			Nilai Rating	Nilai Multiplier
	Ekstensi Pergelangan	Fleksi pada Pergelangan	Deviasi pada Ulnar		
Sangat netral	0-10 °	0-5 °	0-10 °	1	1,0
Mendekati normal	11-25 °	6-15 °	11-15 °	2	1,0
Tidak netral	26-40 °	16-30 °	16-20 °	3	1,5
Posisi menyimpang	41-55 °	31-50 °	21-25 °	4	2,0
Mendekati ekstrim	>55 °	>50 °	>25 °	5	3,0

Sumber : (Moore dan Grag, 1995)

5) Kecepatan Kerja (*Speed of Work/SW*)

Kecepatan kerja merupakan penilaian seberapa cepat seorang pekerja tersebut melakukan pekerjaannya pada saat bekerja. Penilaian kecepatan kerja bersifat subjektif. Kategori penilaian kecepatan kerja dapat dilihat pada Tabel 2.15

Tabel 2.15 Kecepatan Kerja

Kecepatan yang dirasa	Kriteria Penilaian	Nilai Rating	Nilai Multiplier
Bekerja dengan santai	Sangat lambat	1	1,0
Mengambil waktu kerja sendiri	Lambat	2	1,0
Bekerja dengan kecepatan normal	Cukup cepat	3	1,0
Tergesa-gesa, tetapi mampu untuk mempertahankan kecepatan	Cepat	4	1,5
Tergesa-gesa, tetapi tidak mampu untuk mempertahankan kecepatan	Sangat cepat	5	2,0

Sumber : (Moore dan Grag, 1995)

6) Durasi Kerja per hari (*Duration of task per day/DD*)

Durasi kerja per hari menunjukkan total waktu tugas tersebut dikerjakan dalam waktu satu hari. Durasi aktivitas per hari diukur dalam satuan jam dan kemudian dinyatakan kedalam *rating*. Kategori durasi aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.16

Tabel 2.16 Durasi Aktivitas per Hari

Durasi Aktivitas Per hari	Nilai Rating	Nilai Multiplier
< 1 jam	1	0,25
1 - 2 jam	2	0,5
2- 4 jam	3	0,75
4 - 8 jam	4	1,0
> 8 jam	5	1,5

Sumber : (Moore dan Grag, 1995)

b. Penentuan *Rating* atau Pembobotan

Setelah mengidentifikasi 6 parameter diatas, langkah selanjutnya adalah penentuan *rating*. Penentuan *rating* dapat dilihat pada Tabel 2.17

Tabel 2.17 Penentuan *Rating*

Kriteria Penilaian						
Rating	IE (%)	DE (%)	EM	HWP	SW	DD
1	Ringan	<10	<4	Sangat baik	Sangat lambat	< 1 jam
2	Sedang	10-29	4-8	Baik	Lambat	1-2 jam
3	Berat	30-49	9-14	Cukup baik	Cukup cepat	2-4 jam
4	Sangat berat	50-79	15-19	Buruk	Cepat	4-8 jam
5	Mendekati maksimal	≥80	≥20	Sangat buruk	Sangat cepat	≥8 jam

Sumber : (Moore dan Grag, 1995)

c. Menentukan Nilai *Multiplier* (Pengali)

Setelah nilai *rating* atau pembobotan didapatkan, langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai *multiplier*. Nilai *multiplier* untuk masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 2.18

Tabel 2.18 Penentuan Nilai *Multiplier*

Nilai Multiplier						
Rating	IE (%)	DE (%)	EM	HWP	SW	DD
1	1	0,5	0,5	1,0	1,0	0,25
2	3	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5
3	6	1,5	1,5	1,5	1,0	0,75
4	9	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0
5	13	3,0	3,0	3,0	2,0	1,5

Sumber : (Moore dan Grag, 1995)

d. Menghitung Nilai *Strain Index*

Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara mengkalikan semua nilai *multiplier* pada setiap variabel tugas. Berikut merupakan persamaan untuk memperoleh nilai *strain index* :

$$\text{SI Score} = \text{IE} \times \text{DE} \times \text{EM} \times \text{HWP} \times \text{SW} \times \text{DD} \dots \dots \dots (2.3)$$

e. Mempresentasikan Hasil (Nilai Risiko)

Setelah didapatkan nilai *strain index*, langkah selanjutnya adalah menganalisis tingkat risiko pekerjaan. Adapun kategori penilaian tingkat risiko dapat dilihat pada Tabel 2.19

Tabel 2.19 Penilaian Tingkat Risiko JSI

SI Score	Keterangan
≤ 3	Risiko rendah atau pekerjaan aman
3 – 7	Risiko sedang
≥ 7	Risiko tinggi atau pekerjaan berbahaya

Sumber : (Moore dan Grag, 1995)

2.7 Usulan Perbaikan

Setelah dilakukan perhitungan dan mengetahui hasil akhir tingkat risiko cedera yang telah digolongkan tersebut, apabila ditemukan adanya tingkat risiko cedera yang tinggi maka usulan perbaikan akan diberikan. Perbaikan dilakukan dengan perbaikan kondisi kerja seperti perbaikan posisi kerja. Adapun perbaikan alat kerja yang sudah ada dengan mengubah ukuran atau dimensi pada alat tersebut. Tujuan perbaikan tersebut dimaksudkan agar dapat meminimalisir faktor risiko cedera yang dialami sehingga dapat tercipta kondisi kerja yang lebih baik dan optimal. Berikut merupakan *software* yang digunakan untuk mendesain, menganalisis dan mensimulasikan desain perbaikan:

2.7.1 Pengantar SolidWorks

SolidWorks yaitu *software* yang digunakan sebagai alat bantu gambar yang menawarkan peralatan 3D yang dapat membuat, mensimulasikan, mempublikasikan dan mengatur data. SolidWorks menyediakan solusi 3D secara lengkap sehingga dapat menerjemahkan ide-ide menjadi kenyataan, mendorong batas-batas desain dan mencapai tujuan yang diinginkan.

2.7.2 Pengantar CATIA

CATIA V5 yaitu salah satu perangkat lunak yang sangat membantu dalam proses penyelesaian desain, simulasi dan analisis. Penggunaan *software* CATIA V5 tergolong mudah, mulai dari pemodelan hingga analisis komponen atau konstruksi dapat dilakukan. *Software* CATIA ini digunakan untuk pembuatan desain 3D dan selanjutnya dilakukan analisis statik (Effendy, 2014). Pada program CATIA V5 terdapat beberapa pilihan menu operasional, diantaranya sebagai berikut :

- a. *Infrastructure* yaitu *basic* program yang dimiliki oleh CATIA V5.
- b. *Mechanical Design* yaitu menu yang digunakan untuk mempermudah membuat suatu desain mekanik.
- c. *Analysis and Simulation* yaitu fitur CATIA V5 yang digunakan untuk melakukan analisis suatu desain.

2.8 Tinjauan Pustaka

No	Nama	Tahun	Judul	Isi			Gap
				Masalah	Metode	Hasil	
1	Nurhadid Setiadi, Eri Achiraeniwati, Yanti Sri Rejeki	2019	Pengukuran Resiko Kerja pada Bagian Pengemasan Manual Menggunakan Metode Job Strain Index (JSI)	Adanya keluhan sakit yang dialami pekerja pengemasan manual akibat gerakan yang berulang-ulang dan dalam jangka waktu yang lama	Job Strain Index (JSI)	Didapatkan hasil penilaian risiko kerja pengemasan menunjukkan nilai SI pada tingkat resiko tinggi yaitu 18, elemen pengeleman nilai SI berada pada tingkat sedang yaitu 4,5, dan pada elemen kerja pemasangan tali menunjukkan nilai SI pada tingkat tinggi yaitu 13,5.	Penelitian ini hanya menggunakan variabel pengukuran JSI, perbedaan objek penelitian.
2	Indah Pratiwi, Miftachurrohman Afifuddin, Much Djunaidi, Suranto	2018	Analisis Postur Kerja dengan Metode Manual Task Risk Assessment (ManTRA) pada Pembuatan Mie Sohun	Adanya keluhan pekerja pembuatan mie sohun yang menggunakan alat sederhana dan manual	Nordic Body Map (NBM), Manual Task Risk Assessment (ManTRA)	Didapatkan hasil kuesioner NBM dengan keluhan sangat sakit pada bahu kanan sebesar 36,4% dan pergelangan tangan kiri sebesar 36.4%. Hasil ManTRA pada stasiun kerja pencetakan memiliki risiko MSDs tertinggi.	NBM digunakan untuk mengetahui tubuh bagian mana yang sakit, perbedaan objek penelitian.
3	Cindy Wibisono, Vivi Triyanti	2016	Work Risk Assessment Towards Wood Furniture Production Activities Using Manual Task Risk Assessment	Tingkat risiko berdampak terhadap kesehatan pekerja yang menyebabkan waktu kerja tidak efektif dan hasil kerja tidak maksimal	Manual Task Risk Assessment (ManTRA) dan Analisis Otot Rodgers	Aktivitas perakitan memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi daripada dua aktivitas lainnya. Aktivitas perakitan mempengaruhi hampir semua wilayah tubuh, dari leher hingga tungkai bawah. Sementara dua aktivitas lainnya hanya mempengaruhi ekstremitas atas.	Menggunakan penilaian risiko dengan variabel metode Otot Rodgers (leher, bahu, punggung, lengan dan pergelangan tangan).

			Method and Rodgers Muscle Fatigue Analysis Method				
4	Hassan, Mahdi Jalali, Seyyed Ali, Sajjad Farhadi Ayoub	2018	Ergonomic Risk Assessment of Distal Upper Extremities by Job Strain Index in Carpet Weavers	Adanya penyebab hilangnya waktu kerja dikarenakan gangguan muskuloskeletal ekstremitas atas distal	Job Strain Index (JSI) dan Nordic Musculoskeletal Questioners (NMQ)	Hasil kuesioner muskuloskeletal Nordik (NMQ) menunjukkan bahwa gangguan yang paling umum terkait dengan punggung atas (62,2%), punggung bawah (60,1%), pergelangan tangan (55,9%), dan bahu (37,2%), masing-masing, selama tahun terakhir. Juga, hasil JSI menunjukkan bahwa sub-tugas mengikat simpul dan memotong, penggilingan, ikat kepala penggilingan bahu, dan sub-tugas yang dibayar di daerah tersebut ditempatkan dalam kategori berbahaya	Menggunakan kuesioner Nordic Musculoskeletal Questioners (NMQ), perbedaan objek penelitian.
5	Mery Siska, Mulya Teza	2012	Analisis Posisi Kerja Pada Proses Pencetakan Batu Bata Menggunakan Metode NIOSH	Pekerja yang ada di pabrik batu bata banyak melakukan sikap dan posisi kerja yang kurang ergonomis	NIOSH, Recommended Weight Limit (RWL) dan Lifting Index (LI)	Hasil perhitungan terdapat nilai RWL yang melebihi batas yaitu 9,1 kg dan nilai RWL yang dianjurkan sebesar 5,8kg. Sedangkan perhitungan LI pada pekerjaan keempat didapatkan nilai LI 1,56 maka pengangkatan dilakukan secara buruk.	Menggunakan metode NIOSH, RWL dan LI
6	Robin Burgess Limerick	2012	Future Risk Assessment Methods for Hazardous Manual Task	Proyek untuk Program Penelitian Asosiasi Batubara Australia yang difokuskan pada pengurangan risiko	Manual Task Risk Assessment	Hasil dari proyek ini termasuk buku pegangan yang bertujuan membantu lokasi tambang untuk menilai dan mengendalikan risiko tersebut, termasuk risiko tugas manual. Buku pegangan ini menyertakan	Menggunakan ManTRA, perbedaan objek penelitian

				cedera yang terkait dengan peralatan penambangan batubara bawah tanah.		alat yang berjudul, "Matriks yang disederhanakan untuk penilaian risiko tugas manual" yang merupakan versi modifikasi dari alat penilaian risiko yang diterbitkan dalam NIOSH Informasi Circular.	
7	J. Steven Moore and Arun Grag	1995	A Proposed Method To Analyze Jobs For Risk Of Distal Upper Extremity Disorders	Pengujian awal menunjukkan bahwa ac metodologi <i>curately</i> mengidentifikasi pekerjaan yang terkait dengan extrem atas distality dis perintah terhadap pekerjaan.	Job Strain Index	Pekerjaan analisis metodologi bahwa berdasarkan pengujian awal, muncul untuk mengidentifikasi secara akurat pekerjaan asosiasi dengan distal gangguan ekstremitas atas dibandingkan pekerjaan yang tidak.	Menggunakan JSI, perbedaan objek penelitian