BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pendekatan ergonomi makro dan partisipatori telah banyak dilakukan. Penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Penelitian-Penelitian Terdahulu Tentang Ergonomi Makro dan Partisipatori

Peneliti	Judul	Deskripsi Penelitian
(Ahya & Lestari, 2016)	Analisis dan Penerapan Ergonomi Partisipatori Pada Pengrajin Pandai Besi di Desa Carikan Sukoharjo	Penelitian ini melakukan perbaikan dan peningkatan produktivitas dengan analisis dan penerapan ergonomi partisipatri pada pengrajin pandai besi.
(Aznam, Safitri, & Anggraini, 2017)	Ergonomi Partisipatif untuk Mengurangi Potensi Terjadinya Work-Related Musculoskeletal Disorders	Penelitian ini mengidentifikasi dan mengurangi risiko *Work-Related Musculoskeletal Disorders* dengan melakukan intervensi ergonomic dengan pendekatan ergonomi partisipatif.
(Bohr, Evanoff, & Wolf, 1997)	Implementing Participatory Ergonomics Teams among Health Care Workers	Penelitian ini mengimplementasikan ergonomi partisipatori pada perawat kesehatan sebagai strategi yang efektif dalam meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja.
(Eerd, D., et al., 2010)	Process and Implementation of Participatory Ergonomic Interventions: A Systematic Review	Penelitian ini meninjau intervensi ergonomi partisipatori secara sistematis untuk menentukan bukti mengenai konteks, hambatan, dan fasilitator di tempat kerja.
(Guimaraes, Anzanello, Ribeiro, & Saurin, 2015)	Participatory Ergonomics Intervention for Improving Human and Production Outcomes of a Brazilian Furniture Company	Penelitian ini menerapkan intervensi partisipatori untuk meningkatkan ergonomi dan hasil produksi. Adanya peningkatan desain stasiun kerja akan meningkatkan kepuasan pekerja dan mengurangi risiko postural dan kelelahan
(Halpern & Dawson, 1997)	Design and Implementation of a Participatory Ergonomics	Penelitian ini mendesain dan mengimplementasikan program ergonomi partisipatori untuk

	Program for Machine Sewing Tasks	mengendalikan dan menguruangi biaya kompensasi pekerja akibat adanya MSD.
(Hidayat & Purnomo, 2014)	Desain Pengering Kerupuk Menggunakan Metode Ergonomi Partisipatori	Penelitian ini menerapkan partisipasi dan penyesuaian antropometri pemakai dalam perancangan pengering kerupuk.
(Mindhayani & Purnomo, 2016)	Perbaikan Sistem Kerja untuk Meningkatkan Produktivitas Karyawan	Penelitian ini melakukan perbaikan sistem kerja pada perusahaan mebel dengan pendekatan ergonomi makro untuk menurunkan kelelahan dan meningkatkan produktivitas karyawan.
(Pehkonen, et al, 2009)	Evaluation of a Participatory Ergonomic Intervention Process in Kitchen Work	Penelitian ini mengevaluasi intervensi ergonomi partisipatori di dapur dan mengoptimalkan beban *musculoskeletal* pada pekerjaannya
(Purnomo & Ferdianto, 2011)	Desain Sistem Kerja pada Pengrajin Mendong dengan Pendekatan Ergonomi Makro	Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pengrajin mendong dengan menggunakan pendekatan ergonomi makro dan analisis jalur.
(Purnomo, Manuaba, & Adiputra, 2007)	Sistem Kerja dengan Pendekatan Ergonomi Total Mengurangi Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan dan Beban Kerja serta Meningkatkan Produktivitas Pekerja Industri Gerabah di Kasongan, Bantul	Penelitian ini bertujuan untuk perbaikan sistem kerja pada industri gerabah di Kasongan dengan pendekatan ergonomi total. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan keluhan *musculoskeletal*, kelelahan, beban kerja dan risiko cedera pada pekerja.
(Sukapto & Djojosubroto, 2012)	Penerapan Ergonomi Makro untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja dalam Industri Sepatu	Penelitian ini mempelajari implementasi keselamatan kerja pada industri sepatu, perbaikan kondisi tempat kerja dan peningkatan keselamatan kerja dengan pendekatan ergonomi makro.
(Tappin, Vitalis, & Bentley, 2016)	The Application of an Industry Level Participatory Ergonomics Approach in Developing MSD Interventions	Penelitian ini menerapkan pendekatan ergonomi partisipatori pada industri daging untuk mengurangi risiko faktor MSD pada pekerjanya.
(Widananto & Purnomo, 2013)	Rancangan Mesin Pengupas Sabut Kelapa Berbasis Ergonomi Partisipatori	Penelitian ini merancang mesin pengupas sabut kelapa dengan pendekatan ergonomi partisipatori dan bertujuan untuk tingkat kepuasan pemakainya.

2.2. Kajian Teoritis

2.2.1. Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, terbentuk dari kata "*ergon*" yang berarti "kerja atau usaha", dan kata "*nomos*" yang berarti "aturan". Secara harfiah, ergonomi berarti pengaturan kerja (Yanto & Ngaliman, 2017). Istilah ergonomi pertama kali diperkenalkan oleh Wojciech Jastrzebowski pada tahun 1857 yang mempelajari dampak manusia dan ekonomi karena perubahan dari era pertanian menuju era revolusi industri. Orang yang mempopulerkan istilah ergonomi adalah Etienne Grandjean yang kini dikenal dengan "Bapak Ergonomi Modern". Grandjean mengartikan ergonomi sebagai "*fitting the work to the worker*" (Stack, Ostrom, & Wilhelmsen, 2016).

Iridiastadi & Yassierli (2017) mendefinisikan ergonomi sebagai "ilmu yang mempelajari berbagai aspek dan karakteristik manusia (kemampuan, kelebihan, keterbatasan, dan lain-lain) yang relevan dengan konteks kerja, serta memanfaatkan informasi yang diperoleh dalam upaya merancang produk, mesin, alat, lingkungan, serta sistem kerja yang terbaik".

2.2.2. Ergonomi Makro

Ergonomi makro diperkenalkan oleh H. W. Hendrick (1984). Ergonomi makro muncul karena pesatnya kemajuan teknologi sehingga organisasi harus menyesuaikan dengan perubahan ini. Intervensi ergonomi mikro dianggap tidak efektif lagi untuk mengurangi jumlah kecelakaan dan meningkatkan produktivitas. Maka dari itu, diperlukan suatu integrasi antara rancangan organisasi dan faktor manajemen dalam konteks ergonomi yang lebih luas, yaitu ergonomi makro.

Menurut Hendrick (2002), ergonomi makro adalah sebuah perspektif, metodologi, dan diakui sebagai sub-disiplin dari ergonomi atau human factors. Ergonomi makro ini menyangkut teknologi antarmuka manusia – organisasi (*human-organization interface*). Secara konsep, ergonomi makro menggunakan pendekatan sosioteknikal secara top-down pada sebuah desain sistem kerja. Tujuan dari ergonomi makro adalah untuk mengoptimalkan desain sistem kerja dalam hal karakteristik sistem sosioteknikal dan membawanya kepada keseluruhan sistem kerja di bawahnya.

Menurut Hendrick dan Kleiner dalam Iridiastadi & Yassierli (2017), ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam penelitian ergonomi makro, yaitu:

1. Metode *Field Study*

   Metode ini adalah metode dengan teknik observasi secara sistematik dan naturalistik yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik organisasi dan mengumpulkan data untuk perbaikan. Data diperoleh melalui wawancara, kuesioner, pengukuran kinerja dan keluhan pekerja.

2. Metode Survei dengan Kuesioner

   Metode ini digunakan untuk mengumpulkan informasi dalam berbagai aspek dan digunakan pada tahap diagnosis, evaluasi dan monitoring. Survei yang valid akan memberikan data terstruktur yang dapat dinilai dan dianalisis secara baku.

3. Metode Wawancara

   Metode ini mengidentifikasi akar masalah pada sistem kerja dan sistem organisasi secara utuh dan mendalam. Pewawancara dapat mengumpulkan

data yang kayak dan informatif, serta membangun hubungan dengan responden agar respon dapat leluasa menggambarkan opininya.

4. Metode *Focus Group*

   Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi secara berkelompok. Anggota dapat berinteraksi dalam menanggapi suatu kasus yang berkaitan dengan sistem kerja. Diskusi diarahkan untuk menggali intervensi untuk perbaikan sistem kerja dan fungsi organisasi secara keseluruhan.

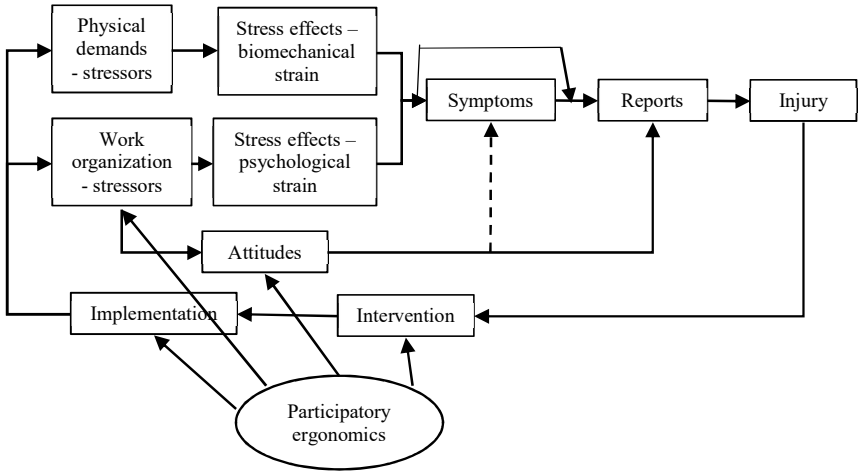
5. Ergonomi Partisipasi

   Metode ini implementasikan teknologi pada sistem organisasi dengan melibatkan pengguna akhir secara aktif untuk melengkapi pengetahuan tentang ergonomi dan prosedur di tempat kerja.

2.2.3. Ergonomi Partisipatori

Ergonomi partisipatori adalah sebuah metode ergonomi makro yang mengedepankan keterlibatan pekerja dalam desain dan analisis ergonomi (Brown, 2002). Sedangkan Wilson mendefinisikan "*participatory ergonomics is the involvement of people in planning and controlling a significant amount of their own work activities, with sufficient knowledge and power to influence both processes and outcomes in order to achieve desirable goals*" (Haines & Wilson, 1998). Artinya ergonomi partisipatori adalah keterlibatan manusia (pekerja) dalam perencanaan dan pengendalian aktivitas kerja dengan pengetahuan dan kekuasaan yang cukup dalam proses dan hasil dengan mencapai tujuan yang diinginkan. Pada metode ini, pekerja diberi kesempatan untuk terlibat dalam perencanaan, pengawasan dan pengambilan keputusan dalam aktivitas kerja sehingga dapat

menumbuhkan kepercayaan diri dan motivasi kerja. Ergonomi partisipatori ini berkembang karena metode pengawasan konvensional dinilai tidak efektif karena justru menyebabkan rasa tertekan dan stress yang dialami oleh pekerja sehingga produktivitas menjadi turun.



Gambar 2.1. Ilustrasi Model Peran Ergonomi Partisipatori dalam Menurunkan Cedera dan Sakit Akibat Kerja (Sumber: Haines & Wilson, 1998)

Dalam pendekatan ergonomi partisipatori, Hignett, Wilson dan Morris (2005) membuat sebuah kerangka kerja yang disebut *Participatory Ergonomics Framework*. Kerangka kerja ini menyoroti peringkat dimensi pada pentingnya keterlibatan pekerja. Dimensi yang paling penting adalah konsultasi pengambilan keputusan dan keterlibatan pekerja dalam seluruh level organisasi. Urutan dimensi kerangka kerja berdasarkan urutan kepentingan dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 2.2. *Participatory Ergonomics Framework* Berdasarkan Urutan Kepentingan *(Hignett, Wilson, & Morris, 2005)*

Urutan	Dimensi	Tingkat Dimensi
1	Pengambilan keputusan	Delegasi kelompok – Konsultasi kelompok – Konsultasi perorangan
2	Peserta	Operator – Supervisor – Manajemen menengah – Serikat pekerja – Staf teknis – Manajemen atas
3	Tugas (*Remit*)	Pengembangan proses – Identifikasi masalah – Penggenerasian solusi – Evaluasi solusi – Implementasi solusi – Pemeliharaan proses
4	Peran Ahli Ergonomi	Menginisiasi dan mengarahkan proses – Berlaku sebagai anggota tim – Melatih peserta – Konsultasi
5	Keterlibatan	Langsung penuh (*full direct*) – Langsung sebagian (*partial direct*) – Representatif
6	Fokus	Mendesain peralatan atau tugas – Mendesain pekerjaan dan organisasi tim atau kerja – Memformulasikan kebijakan atau strategi
7	Tingkat Pengaruh	Seluruh organisasi – Departemen/Kelompok kerja
8	Kebutuhan	Wajib – Sukarela
9	Keberlangsungan (*permanency*)	Sedang berjalan – Sementara

Karakteristik utama dari ergonomi partisipatori adalah pembentukan *ergonomic team* yang akan mengarahkan proses intervensi. Tim ini biasanya terdiri dari pekerja atau perwakilannya, manajer, ahli ergonomi, personil K3, dan ahli peneliti. Pembentukan ini dapat dipertimbangkan sebagai cara untuk menggunakan pengalaman organisasi secara bersama untuk mendapatkan kemungkinan intervensi yang terbaik. Tim yang baru dibentuk ini biasanya akan mendapatkan training oleh ahli (*ergonomist*) agar lebih familiar dengan prinsip ergonomi. Dengan adanya konsep dasar dan metode ergonomi, tim akan menggunakan pengetahuannya untuk mengembangkan dan meningkatkan tempat kerjanya (Cole, et al, 2005).

Haines dan Wilson (1998) mengkategorisasikan metode dan teknik yang digunakan dalam ergonomi partisipatori sebagai berikut:

1. Analisis masalah: *link analysis,* analisis Pareto, analisis aktivitas.
2. Stimulasi kreativitas dan menggenerasikan ide: *round robin questionnaire.*
3. Menggerasikan ide dan pengembangan konsep: diskusi berdasarkan skenario, kelompok diskusi desain, *focus group.*
4. Evaluasi konsep: pemodelan lay out, mengintervensi ide, *checklist.*
5. Persiapan dan dukungan: pembentukan dan pembangunan tim.

2.2.4. Sistem Kerja

Menurut *International Standard* dalam ISO 6385 (2016), istilah sistem kerja digunakan untuk menunjukkan berbagai macam situasi kerja, baik permanen maupun fleksibel. Sistem kerja melibatkan kombinasi pekerja dan peralatan, dalam ruang dan lingkungan tertentu, dan interaksi antar komponen-komponen dalam organisasi kerja. Sistem kerja bervariasi dalam kompleksitas dan karakteristik, contohnya adalah: (1) operasi mesin produksi; (2) transportasi; (3) teknisi perawatan/*supporting* peralatan kerja; (4) komersial; dan (5) area lain seperti perawatan kesehatan dan pengajaran.

Prinsip ergonomis diperlukan untuk semua fase sistem kerja, mulai dari konsepsi, pengembangan, realisasi dan implementasi, pemeliharaan dan dukungan. Prinsip ergonomis ini berlaku untuk desain kondisi kerja yang optimal berkaitan dengan kesejahteraan manusia, keselamatan dan kesehatan, termasuk pengembangan ketrampilan yang ada, dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektivitas teknologi dan ekonomi.

Popkin dan Howarth (2006) mendefinisikan sistem kerja sebagai jadwal yang dilaksanakan di tempat kerja yang diberikan untuk memenuhi persyaratan kerja. Penentuan jadwal kerja (*shift system*) harus mempertimbangkan kondisi operasi, kontinyu atau diskontinyu, tidak tentu (*irregular*) atau campuran (*mixed*). Pertimbangan lainnya adalah faktor manusia, seperti kelelahan, variasi ritme sirkadian, pencahayaan, dan kesehatan subjektif.

Di samping faktor manusia, sistem kerja juga berkaitan dengan peta kerja. Peta kerja adalah alat yang menggambarkan kegiatan kerja secara sistematis dan jelas, termasuk di dalamnya aliran barang dengan tangan maupun proses (Suhardi, 2008) . Apabila menggunakan tangan/manual, perlu adanya keseimbangan gerakan ke dua tangan dan menghilangkan/mengurangi gerakan-gerakan yang tidak efisien dan tidak produktif sehingga dapat mengurangi kelelahan. Peta kerja aliran proses memperlihatkan bagian proses yang akan dilewati oleh barang. Peta kerja ini dapat menunjukkan bagian mana yang tidak produktif, seperti keterlambatan, penyimpangan, dan jarak tempuh barang.

2.2.5. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja sangat berpengaruh bagi kinerja, kesehatan, dan keselamatan pekerja. Lingkungan kerja yang buruk, misalnya cahaya yang kurang, kebisingan yang tingi, suhu yang terlalu panas atau dingin, akan menyebabkan dampak yang buruk pula bagi kenyamanan dan kesehatan pekerja.

Beberapa aspek lingkungan kerja yang penting adalah:

1. Pencahayaan

   Dalam aktivitasnya, pekerja banyak menggunakan visual atau pandangan ini menyelesaikan pekerjaannya. Pencahayaan yang kurang akan mengakibatkan kelelahan pada mata. Sebaliknya, pencahayaan yang baik akan meningkatkan kemampuan mata, kedalaman pandang, serta ketelitian pekerja.

   Kondisi pencahayaan yang baik dapat diketahui dengan mengukur iluminansi sumber cahaya. Iluminansi adalah ukuran banyaknya cahaya yang jatuh ke suatu permukaan atau benda kerja (Iridiastadi & Yassierli, 2017). Iluminansi diukur dalam satuan *lux* dengan alat ukur lightmeter. Sumber cahaya dapat berupa cahaya alami (matahari) maupun buatan (lampu) yang bersifat lokal.

   UK Health and Safety Executive (1997) memberikan panduan mengenai pencahayaan dalam bekerja dengan menyesuaikan aktivasi dan tempat kerja yang dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 2.3. Pencahayaan Dalam Kerja Menurut Standar UK Health and Safety Executive (1997)

Aktivitas	Lokasi/Jenis Pekerjaan	Iluminansi Rata-Rata (lux)	Iluminansi Minimal (lux)
Pergerakan manusia, mesin dan kendaraan	Tempat parker, koridor, rute jalan	20	5
Pergerakan manusia, mesin dan kendaraan di area berbahaya	Tempat konstruksi, penggalian, *loading*	50	20
Pekerjaan dengan ketelitian terbatas	Dapur, pabrik perakitan	100	50
Pekerjan dengan ketelitian	Kantor, pekerjaan logam	200	100
Pekerjaan dengan ketelitian tinggi	Kantor yang berhubungan dengan gambar, perakitan elektronik	500	200

2. Kebisingan

Kebisingan adalah paparan suara yang dialami oleh pekerja, yang biasanya merupakan suara-suara yang tidak diinginkan, serta dapat memberikan dampak buruk. Dampak buruk dari kebisingan antara lain: ketidaknyamanan, kinerja menurun, sulit berkomunikasi, dan kehilangan pendengaran. Kebisingan di tempat kerja dapat berasal dari suara mesin, proses, dan fasilitas produksi. Kebisingan diukur dalam satuan *decible* (dB) dan diukur dengan alat *Sound Level Meter.*

Pengukuran kebisingan di tempat kerja dilakukan dengan mengukur kebisingan dari paparan harian pada pekerja. Paparan kebisingan harian ini dibatasi oleh Nilai Ambang Batas (NAB). Nilai Ambang Batas kebisingan merupakan nilai yang mengatur tentang tekanan bising rata-rata berdasarkan durasi pajanan berulang-ulang tanpa menimbulkan gangguan pendengaran dan memahami pembicaraan normal. Menurut Permenkes no. 70 tahun 2016,

NAB kebisingan untuk 8 jam kerja per hari adalah sebesar 85 dBA. Sedangkan untuk nilai kebisingan yang lain dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.4. NAB Kebisingan Menurut Permenkes No. 70 Tahun 2016

Durasi Pajanan Kebisingan per hari	Level Kebisingan (dBA)	Durasi Pajanan Kebisingan per hari	Level Kebisingan (dBA)	Durasi Pajanan Kebisingan per hari	Level Kebisingan (dBA)
24 jam	80	30 menit	97	28,12 detik	115
16 jam	82	15 menit	100	14,06 detik	118
8 jam	85	7,5 menit	103	7,03 detik	121
4 jam	88	3,75 menit	106	3,52 detik	124
2 jam	91	1,88 menit	109	1,76 detik	127
1 jam	94	0,94 menit	112	0,88 detik	130

3. Suhu dan Kelembapan

Suhu dan kelembapan merupakan aspek lingkungan kerja yang dapat memberikan dampak buruk bagi pekerja apabila tidak dapat dikendalikan. Pekerjaan yang dilakukan di tempat yang panas dan membutuhkan beban fisik yang tinggi akan meningkatnya denyut jantung dan temperatur tubuh, kelelahan, dan menurunkan kemampuan produksi. Kondisi yang terjadi akibat paparan terhadap panas antara lain: *heat stress, heat stroke, heat exhaustion, heat syncope, prickly heat*.

Di samping suhu udara, kelembapan relatif adalah faktor yang penting yang dirasakan pekerja di tempat kerja yang panas. Kelembapan menunjukkan jumlah kadar uap air yang ada di udara. Apabila kelembapan tinggi akan menyebabkan pekerja menjadi tidak nyaman, apalagi ditambah suhu ruang kerja yang tinggi pula.

Ruangan yang nyaman untuk bekerja apabila memenuhi karakteristik berikut (Iridiastadi & Yassierli, 2017) :

a. Suhu udara sekitar 23 – 27 ^{o}C. Ketidaknyaman pekerjaan fisik ringan ada di atas 34,5 ^{o}C.
b. Kelembapan sekitar 25 – 55 %.
c. Ada aliran udara dengan kecepatan sekitar 0,1 – 0,3 m/detik untuk pekerjaan fisik ringan.
d. Pekerja menggunakan pakaian yang longgar.

2.2.6. *Work-Related Musculoskeletal Disorders (WRMSD)*

Gangguan *musculoskeletal* yang berkaitan dengan pekerjaan adalah masalah kesehatan yang umum terjadi pada dunia industri. Gangguan *musculoskeletal* adalah kondisi syaraf, tendon, otot, dan struktur pendukung sistem *musculoskeletal* yang dapat menyebabkan kelelahan, ketidaknyamanan, nyeri, pembengkakan lokal, atau mati rasa dan kesemutan. MSD biasanya berkembang dari kerusakan kumulatif yang dihasilkan paparan tekanan fisik dan psikososial yang jangka waktu yang lama di tempat kerja (David, Woods, & Buckle, 2005).

Faktor risiko yang dapat menyebabkan MSD di tempat kerja antara lain: (1) penanganan material berat; (2) tindakan berulang dan dilakukan dengan tenaga lebih; (3) getaran/vibrasi; (4) postur tubuh yang statis dan aneh (*awkward*) yang timbul dari stasiun kerja, alat, metode kerja yang buruk; (5) organisasi kerja yang buruk. Paparan faktor-faktor tersebut akan menghasilkan efek dalam tubuh pekerja, misalnya penurunan aliran darah atau kelelahan otot lokal. Apabila hal-hal tersebut tidak dipulihkan secara cukup, maka eskalasi MSD akan terjadi lebih cepat.

2.2.7. Alat Penilaian Ergonomi (*Ergonomic Assessment Tools*)

Penilaian ergonomi diperlukan untuk mengurangi potensi risiko cedera *musculoskeletal* dan meningkatkan produktivitas kerja. Untuk menentukan masalah yang mungkin timbul dalam aktivitasnya, ergonomi pekerja harus diobservasi dan dinilai agar tidak menimbulkan dampak yang lebih buruk. Beberapa alat penilaian ergonomi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. NIOSH *Lifting Equation*

   Analisis *lifting equation* adalah penentuan risiko cedera *musculoskeletal* yang dialami saat melakukan penanganan material berupa pengangkatan dan penurunan suatu beban. *Lifting equation* akan menghasilkan *Recommended Weight Limit* (RWL) dan *Lifting Index* (LI). Apabila RWL lebih kecil daripada beban yang diangkat, maka pekerja dinyatakan bebas dari kondisi fisik yang dapat meningkatkan risiko cedera *musculoskeletal* (Waters, Putz-Anderson, & Garg, 1994).

   Pada perhitungan RWL, faktor-faktor yang menentukan antara lain (Muslimah, Pratiwi, & Rafsanjani, 2006) :

   a. Berat benda yang dipindahkan.
   b. Posisi pembebanan yang dipengaruhi oleh jarak horizontal dari titik berat tubuh, jarak vertikal dari lantai, dan sudut pemindahan beban dari posisi sagital.
   c. Frekuensi pemindahan.
   d. Periode total waktu yang diberlakukan.

RWL dapat dihitung dengan rumus berikut:

RWL = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM (1)

Keterangan:

RWL = *Recommended Weight Limit,* dalam kg atau lb

LC = Kontansta beban, 23 kg atau 51 lb

H = Posisi horizontal objek relatif terhadap tubuh

V = Posisi vertikal objek relatif terhadap tubuh

D = Jarak objek yang dipindahkan secara vertikal

A = Sudut asimetri atau memutar (*twisting*)

F = Frekuensi atau durasi aktivitas

C = *Coupling* atau kualitas penggenggaman pekerja terhadap objek

M = faktor pengali (*multiplier*)

Sedangkan *Lifting Index* (LI) didapatkan dengan rumus:

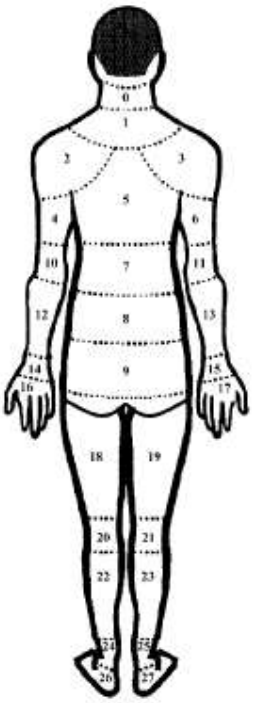
LI = Berat Beban ÷ RWL (2)

Nilai LI > 1,0 berarti akan meningkatkan risiko nyeri punggung bagian bawah (*work-related low back pain*) bagi pekerja. Maka, target desain pekerjaan pengangkatan adalah nilai LI ≤ 1,0.

2. *Nordic Musculoskeletal Questionnaire*

Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) adalah metode yang dikembangkan oleh *Nordic Council of Minister* yang digunakan sebagai standar untuk membandingkan keluhan bagian-bagian tubuh yang digunakan untuk bekerja (Crawford, 2007). Kuesioner Nordic ini menggambarkan bagian-bagian tubuh yang mungkin dikeluhkan oleh pekerja, yang terbagi

menjadi 9 area yaitu (1) leher; (2) bahu; (3) punggung atas; (4) punggung bawah; (5) siku; (6) tangan/pergelangan tangan; (7) paha; (8) lutut; (9) telapak kaki/pergelangan kaki.



No	Location	Grade of complaints			
0	Pain/stiff in the upper neck	A	B	C	D
1	Pain in the lower neck				
2	Pain in the left shoulder				
3	Pain in the right shoulder				
4	Pain in the left upper arm				
5	Pain in the back				
6	Pain in the right upper arm				
7	Pain in the waist				
8	Pain in the buttock				
9	Pain in the bottom				
10	Pain in the left elbow				
11	Pain in the right elbow				
12	Pain in the left lower arm				
13	Pain in the right lower arm				
14	Pain in the left wrist				
15	Pain in the right wrist				
16	Pain in the left hand				
17	Pain in the right hand				
18	Pain in the left thigh				
19	Pain in the right thigh				
20	Pain in the left knee				
21	Pain in the right knee				
22	Pain in the left calf				
23	Pain in the right calf				
24	Pain in the left ankle				
25	Pain in the right ankle				
26	Pain in the left foot				
27	Pain in the right foot				

Gambar 2.2. Contoh *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* (Tirtayasa, Adiputra, & Dhestawana, 2003)

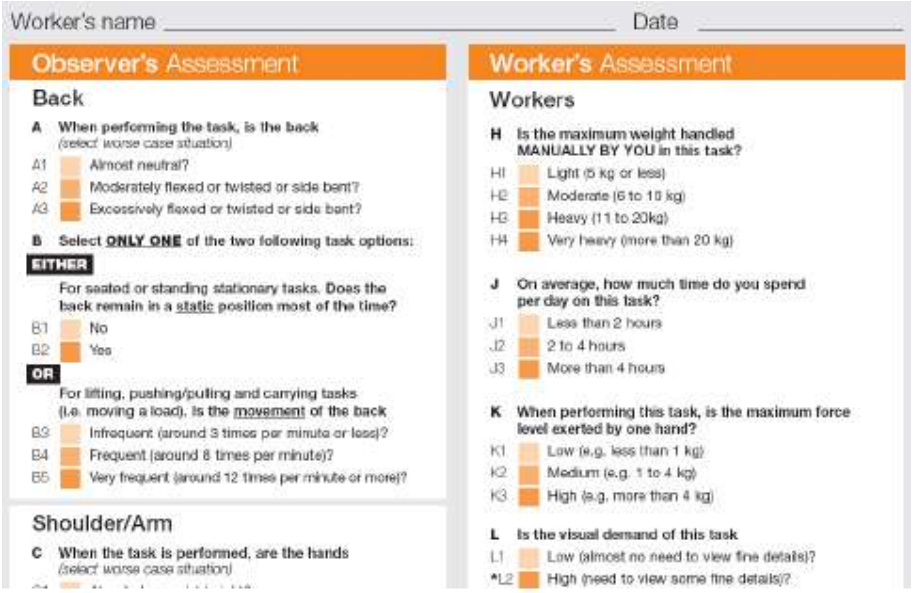
3. *Quick Exposure Check*

Quick Exposure Check (QEC) adalah alat observasi yang dikembangkan oleh praktisi dari *Occupational Safety and Health* (OSH) untuk menilai paparan risiko *work-related musculoskeletal disorders* (WRMSD) dan menyediakan dasar untuk intervensi ergonomi (David, Woods, Li, & Buckle, 2008). Metode ini mempertimbangkan kondisi pekerja dari dua sudut pandang, yaitu pengamat dan pekerja, sehingga mengurangi bias subjektivitas.

Tabel 2.5. Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Paparan Risiko (David, et.al, 2008)

Punggung	Bahu/lengan	Pergelangan tangan/tangan	Leher
Berat beban	Kekuatan lengan	Berat beban	Durasi kerja
Durasi kerja	Durasi kerja	Durasi kerja	Postur
Frekuensi pergerakan	Frekuensi pergerakan	Posisi ketinggian tangan	Kebutuhan penglihatan
Postur	Postur	Frekuensi pergerakan	

Pengisian kuesioner diawali dengan diidentifikasi pekerjaan yang rutin dilakukan oleh pekerja. Selanjutnya, pekerjaan tersebut diobservasi selama satu periode/siklus kerja. Dari hasil pengamatan tersebut, kuesioner QEC bagian penilaian pengamat diisi sesuai dengan kondisi pekerjaan tersebut. Kuesioner penilaian pengamat ini meliputi: (1) postur punggung; (2) pergerakan punggung; (3) posisi dan pergerakan bahu/lengan; (4) posisi dan pergerakan pergelangan tangan atau tangan; dan (5) postur leher.



Worker's name _____ Date _____

Observer's Assessment

Back

A When performing the task, is the back
(select worse case situation)

A1 Almost neutral?
A2 Moderately flexed or twisted or side bent?
A3 Excessively flexed or twisted or side bent?

B Select ONLY ONE of the two following task options:

EITHER

For seated or standing stationary tasks. Does the back remain in a static position most of the time?

B1 No
B2 Yes

OR

For lifting, pushing/pulling and carrying tasks (i.e. moving a load), is the movement of the back

B3 Infrequent (around 3 times per minute or less)?
B4 Frequent (around 8 times per minute)?
B5 Very frequent (around 12 times per minute or more)?

Shoulder/Arm

C When the task is performed, are the hands
(select worse case situation)

Worker's Assessment

Workers

H Is the maximum weight handled MANUALLY BY YOU in this task?

H1 Light (5 kg or less)
H2 Moderate (6 to 10 kg)
H3 Heavy (11 to 20kg)
H4 Very heavy (more than 20 kg)

J On average, how much time do you spend per day on this task?

J1 Less than 2 hours
J2 2 to 4 hours
J3 More than 4 hours

K When performing this task, is the maximum force level exerted by one hand?

K1 Low (e.g. less than 1 kg)
K2 Medium (e.g. 1 to 4 kg)
K3 High (e.g. more than 4 kg)

L Is the visual demand of this task

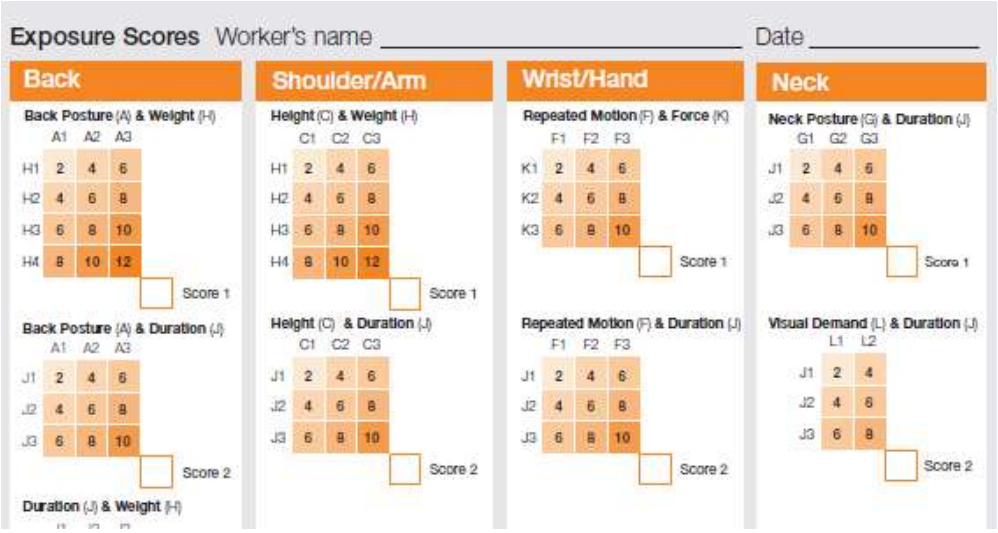
L1 Low (almost no need to view fine details)?
*L2 High (need to view some fine details)?

Gambar 2.3. Contoh *Quick Exposure Check (David, Woods, & Buckle, 2005)*

Setelah kuesioner QEC penilaian pengamat telah diisi, selanjutnya pekerja diminta untuk menjawab beberapa pertanyaan pada bagian penilaian pekerja. Apabila pekerja merasa ragu dengan pilihan jawaban yang ada, maka hendaknya pekerja memilih jawaban dengan tingkat paparan yang lebih tinggi. Penilaian pekerja tersebut meliputi: (1) berat beban maksimum; (2) waktu yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut; (3) tingkat kekuatan maksimum yang digunakan; (4) kebutuhan penglihatan; (5) penggunaan kendaraan/mengemudi; (6) paparan getaran; (7) kesulitan dalam pekerjaan; dan (8) tingkat stres dalam bekerja.

Analisis terhadap hasil kuesioner QEC yang sudah diisi menggunakan konsep *scoring* yang menunjukkan seberapa besar paparan risiko *musculoskeletal disoders* yang dialami oleh pekerja pada pekerjaan tersebut. *Scoring* dilakukan dengan membandingkan jawaban pada kuesioner bagian penilaian

pengamat dengan penilaian pekerja sehingga akan menunjukkan nilai tertentu yang menunjukkan tingkat paparan risiko tertentu.



Gambar 2.4. Contoh *Exposure Score* pada QEC *(David, Woods, & Buckle, 2005)*

Penilaian QEC menitikberatkan tubuh bagian atas, yaitu punggung, leher, lengan, bahu, dan pergelangan tangan. Pada penilaian akhirnya, QEC memberikan hasil perhitungan 4 tingkat *exposure,* yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi (David, Woods, & Buckle, 2005).

Tabel 2.6. Nilai Tingkat Paparan Risiko Perhitungan QEC (David, et.al, 2008)

Jenis Paparan	Tingkat Paparan			
	Rendah	**Sedang**	**Tinggi**	**Sangat Tinggi**
Punggung (statis)	8-15	16-22	23-29	29-40
Punggung (bergerak)	10-20	21-30	31-40	41-56
Bahu/lengan	10-20	21-30	31-40	41-56
Pergelangan tangan/tangan	10-20	21-30	31-40	41-56
Leher	4-6	8-10	12-14	16-18
Mengemudi	1	4	9	-
Getaran	1	4	9	-
Kecepatan Kerja	1	4	9	-
Stress	1	4	9	16

2.2.8. Uji Statistik

Uji statistik diperlukan untuk menguji validitas dan menganalisis data dari sebuah penelitian. Menurut Riduwan (2014), statistika adalah ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan data dan fakta yang benar, serta mengkaji teknik pengolahan dan analisis data untuk menarik kesimpulan atau membuat kebijakan yang kuat. Untuk penelitian dengan jumlah sampel yang kecil dan tidak diketahui karakteristik kelompoknya, pengujian statistik yang digunakan adalah statistik nonparametrik. Dalam statistik nonparametrik, beberapa model pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Analisis Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah penggambaran data yang disajikan dalam bentuk tabel, diagaram, pengukuran tendensi sentra, penempatan dan penyimpangan (Riduwan, 2014). Pengukuran tendensi sentral dalam analisis statistik deskriptif yang sering digunakan adalah perhitungan rata-rata hitung (*mean*). Rata-rata hitung ($\overline{x}$) dihitung dengan cara penjumlahan semua nilai data dibagi dengan banyaknya data, dirumuskan sebagai berikut:

$$\overline{x} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (3)$$

Keterangan:

$\overline{x}$ = mean

ΣX_i = jumlah tiap data

n = jumlah data

Selain *mean*, parameter yang sering digunakan dalam analisis statistik deskriptif adalah simpangan baku atau standar deviasi. Standar deviasi adalah nilai yang menunjukkan tingkat variasi kelompok atau penyimpangan dari nilai rata-ratanya. Standar deviasi (s) untuk data tunggal dirumuskan sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}} \quad (4)$$

Keterangan:

s = standar deviasi

X = data yang akan dihitung

N = jumlah data

2. Uji Normalitas

Uji normalitas adalah pengujian statistik yang bertujuan untuk mengetahui apakah sebaran data pada suatu sampel atau populasi berdistribusi normal atau tidak (Supranto, 2009). Uji normalitas dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya uji *chi-square,* Kolmogorov-Smirnov, atau Shapiro-Wilk.

Salah satu pengujian normalitas yang biasa digunakan adalah uji *chi-square*. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengujian *chi-square* adalah sebagai berikut:

- Menentukan skor terbesar dan terkecil, rentangan, banyaknya kelas, panjang kelas, rata-rata (*mean*), dan simpangan baku (s).
- Membuat daftar frekuensi yang diharapkan dengan menentukan batas kelas, mencari luas setiap interval, dan mencari frekeunsi yang diharapkan (fe)
- Mencari *chi-square* hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\gamma^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(fo - f\ )^2}{fe} \qquad (5)$$

Keterangan:

γ^2 = nilai *chi-square* hitung

k = jumlah data

fo = frekuensi hasil pengamatan

fe = frekuensi yang diharapkan

- Membuat hipotesis, yaitu: H_0 = data berdistribusi normal; dan H_1 = data tidak berdistribusi normal.

- Menentukan taraf signifikansi (α). Taraf signifikansi yang biasa digunakan adalah 5%, artinya peluang kesalahan dalam pengambilan keputusan adalah 5% atau, dengan kata lain, tingkat kepercayaan pengambilan keputusan adalah 95%.
- Membandingkan nilai γ^2 hitung dengan γ^2 tabel yang didapat dari taraf signifikansi dan derajat bebas. Apabila nilai γ^2 hitung < γ^2 tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sedangkan jika nilai γ^2 hitung > γ^2 tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

3. Uji Beda

Uji beda adalah pengujian perbandingan/komparatif secara statistik untuk menentukan antar dua variabel, apakah kedua variabel tersebut sama atau tidak (Riduwan, 2014). Uji beda ini biasa disebut juga dengan uji t (t-test). Uji beda ini digunakan untuk menggeneralisasi signifikansi hasil penelitian keadaan variabel dari dua rata-rata sampel.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk uji beda, yaitu:

- Menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, varians, dan korelasi.
- Mencari nilai t hitung dengan rumus:

$$t\ hitung = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} - 2.r\left(\frac{S_1}{\sqrt{n_1}}\right) + \left(\frac{S_2}{\sqrt{n_2}}\right)}} \quad (6)$$

Keterangan:

r = nilai korelasi X_1 dengan X_2

n_1 & n_2 = jumlah sampel

$\bar{x}_1$ = rata-rata sampel ke-1

$\overline{x}_2$ = rata-rata sampel ke-2

S_1 = standar deviasi sampel ke-1

S_2 = standar deviasi sampel ke-2

S_1^2 = varians sampel ke-1

S_2^2 = varians sampel ke-2

- Membuat hipotesis, yaitu: H_0 = tidak ada perbedaan antara sampel ke-1 dan sampel ke-2; dan H_1 = terdapat perbedaan antara sampel ke-1 dan sampel ke-2.
- Menentukan taraf signifikansi (α). Taraf signifikansi yang biasa digunakan adalah 5%, artinya peluang kesalahan dalam pengambilan keputusan adalah 5% atau, dengan kata lain, tingkat kepercayaan pengambilan keputusan adalah 95%.
- Membandingkan nilai t hitung dengan t tabel yang didapat dari taraf signifikansi dan derajat bebas. Apabila nilai – (negatif) t tabel ≤ t hitung ≤ t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sedangkan jika di luar nilai tersebut, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.