

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

A. ERGONOMI

1. Sejarah Ergonomi

Pengkajian hubungan manusia dengan lingkungan kerja sebenarnya sudah lama dilakukan oleh manusia, tetapi pengembangan yang lebih mendalam baru dilakukan setelah perang dunia kedua, tepatnya tanggal 12 Juli 1949 di Inggris oleh sekelompok ilmuwan yang terdiri dari : ahli anatomi, ahli psikologi, dan insinyur. Hal itu dianggap sebagai hari lahirnya ergonomi. Pada hari itu diadakan pertemuan di *British Admiralty* yang membentuk suatu *Human Resource Group* untuk orang-orang yang berminat terhadap masalah manusia dalam bekerja. Baru pada tanggal 16 Februari 1950 terminologi ergonomi diadopsi dan ergonomi menjadi suatu disiplin ilmu⁽⁷⁾.

2. Definisi Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri dari dua kata yaitu “*ergon*” berarti kerja dan “*nomos*” berarti aturan atau hukum. Jadi secara harfiah ergonomi adalah suatu aturan atau norma dalam sistem kerja⁽⁸⁾. Di dalam ergonomi terkandung makna penyerasian jenis pekerjaan terhadap tenaga kerja atau orang (*fit the job to the man*). Hal ini terkait dengan penggunaan teknologi yang tepat atau sesuai dengan karakteristik orang yang menggunakannya. Dengan demikian ergonomi dapat dikatakan sebagai suatu ilmu yang mempelajari dan

mencari pemecahan persoalan yang menyangkut faktor manusia dalam suatu proses ⁽⁹⁾.

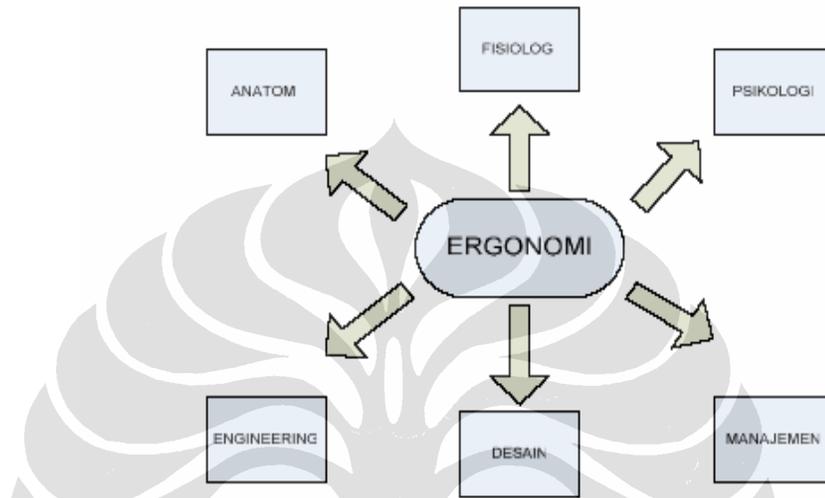
Definisi ergonomi yaitu ilmu yang mempelajari karakteristik dan kemampuan manusia yang mempengaruhi disain pekerjaan, peralatan, dan sistem kerja ⁽¹⁰⁾. Sedangkan definisi ergonomi yang lainnya yaitu praktek dalam mendisain peralatan dan rincian pekerjaan sesuai dengan kapabilitas pekerja dengan tujuan untuk mencegah cedera pada pekerja ⁽¹¹⁾.

Berdasarkan definisi-definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa pusat dari ergonomi adalah manusia. Konsep ergonomi ada berdasarkan kesadaran dan keterbatasan kemampuan dan kapabilitas manusia, sehingga dalam usaha untuk mencegah cedera, meningkatkan produktivitas, efisiensi dan kenyamanan dibutuhkan penyesuaian antara lingkungan kerja dan pekerjaan dengan manusia yang terlibat dengan pekerjaan tersebut.

3. Ruang Lingkup Dan Tujuan Ergonomi

Ergonomi merupakan perpaduan antara beberapa bidang ilmu, antara lain ilmu faal, anatomi dan kedokteran, psikologi faal, ilmu fisika dan teknik. Ilmu faal dan anatomi memberikan gambaran bentuk tubuh manusia, kemampuan tubuh/anggota gerak untuk mengangkat atau ketahanan terhadap suatu gaya yang diterimanya, serta satuan ukuran besaran panjangnya suatu anggota tubuh. Psikologi faal memberikan gambaran terhadap fungsi otak dan sistem persyarafan dalam kaitannya dengan tingkah laku, sementara eksperimental mencoba memahami suatu cara bagaimana mengambil sikap, memahami, mempelajari,

mengingat serta mengendalikan proses motorik. Sedangkan ilmu fisika dan teknik memberikan informasi yang sama untuk disain dan lingkungan dimana operator terlibat ⁽⁷⁾.



Gambar 2.1. Kaitan Ergonomi dengan Ilmu Pendukungnya ⁽¹²⁾

Sebagai titik sentral, maka keterbatasan manusia haruslah menjadi patokan dalam penataan suatu produk yang ergonomis. Keterbatasan itu dapat berasal dari dalam maupun dari luar manusia. Faktor yang berasal dari dalam misalnya kekuatan otot, dan bentuk dan ukuran tubuh. Sedangkan faktor dari luar yaitu lingkungan kerja, penyakit, gizi, dan sosial ekonomi ⁽¹²⁾.

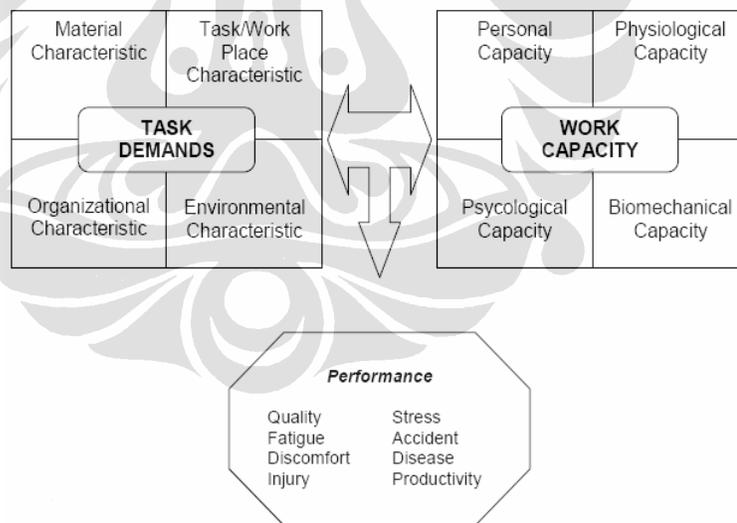
Secara umum, tujuan ergonomi adalah :

- 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.

Jika dilihat dari sudut pandang ergonomi, antara tuntutan tugas dengan kapasitas kerja harus selalu dalam garis keseimbangan sehingga dicapai performansi kerja yang tinggi. Dalam kata lain, tuntutan pekerjaan tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh terlalu berlebihan (*overload*), karena keduanya dapat menyebabkan stress. Konsep keseimbangan antara kapasitas kerja dengan tuntutan tugas dapat diilustrasikan seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2. Konsep Dasar Ergonomi ⁽¹³⁾

Gambar diatas menjelaskan bahwa:

- a. Tuntutan Tugas

Tuntutan tugas pekerjaan / aktivitas tergantung pada :

- Karakteristik tugas dan material (*Task and material characteristics*); ditentukan oleh karakteristik peralatan dan mesin, tipe, kecepatan dan irama kerja.
- Karakteristik organisasi (*Organizational characteristics*); berhubungan dengan jam kerja dan jam istirahat, kerja malam dan bergilir, cuti dan libur, manajemen.
- Karakteristik lingkungan (*Environmental characteristics*); berkaitan dengan manusia teman setugas, suhu dan kelembaban, bising dan getaran, penerangan, sosio-budaya, norma, adat dan kebiasaan, bahan-bahan pencemar.

b. Kemampuan Kerja

Kemampuan seseorang sangat ditentukan oleh beberapa faktor dibawah ini, yaitu :

- Karakteristik pribadi (*Personal capacity*); meliputi faktor usia, jenis kelamin, antropometri, pendidikan, pengalaman, status sosial, agama dan kepercayaan, status kesehatan, kesegaran tubuh.
- Kemampuan fisiologis (*Physiological capacity*); meliputi kemampuan dan daya tahan *cardio-vaskuler*, syaraf otot, panca indera.
- Kemampuan psikologis (*Psychological capacity*); berhubungan dengan kemampuan mental, waktu reaksi, kemampuan adaptasi, stabilitas emosi.
- Kemampuan bio-mekanik (*Biomechanical capacity*) berkaitan dengan kemampuan dan daya tahan sendi dan persendian, tendon dan jalinan tulang.

c. Performa

Performa atau tampilan seseorang sangat tergantung kepada rasio dari besarnya tuntutan tugas dengan besarnya kemampuan yang bersangkutan. Dengan demikian apabila :

- Bila rasio tuntutan tugas lebih besar daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, maka akan terjadi penampilan akhir berupa; ketidaknyamanan, *Overstress*, kelelahan, kecelakaan, cedera, rasa sakit, penyakit, dan tidak produktif.
- Sebaliknya, bila tuntutan tugas lebih rendah daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, maka akan terjadi penampilan akhir berupa: *understress*, kebosanan, kejemuhan, kelesuan, sakit, dan tidak produktif.
- Agar penampilan menjadi optimal maka perlu adanya keseimbangan dinamis antara tuntutan tugas dengan kemampuan yang dimiliki sehingga tercapai kondisi dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman, dan produktif.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa apabila porsi tuntutan tugas lebih besar daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, maka akan menimbulkan performa yang tidak baik berupa ketidaknyamanan, *overstress*, kelelahan, kecelakaan, cedera, rasa sakit, penyakit, dan tidak produktif. Sebaliknya, bila tuntutan tugas lebih rendah daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya akan menimbulkan performa yang tidak baik pula yaitu berupa *understress*, kebosanan, kejemuhan, kelesuan, sakit, dan tidak produktif. Agar penampilan menjadi optimal maka perlu adanya keseimbangan dinamis antara

tuntutan tugas dengan kemampuan yang dimiliki sehingga tercapai kondisi dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman, dan produktif.

4. Prinsip Ergonomi

Semua sistem kerja terdiri dari komponen manusia dan komponen mesin yang berada pada suatu lingkungan. Fungsi dasar dan paling penting dalam ergonomi adalah agar kebutuhan manusia akan keselamatan dan efisiensi kerja terpenuhi dalam desain sistem kerja. Kemampuan manusia dalam mengerjakan tugasnya dipengaruhi oleh desain fisik dan muatan. Ada enam interaksi dalam sistem kerja, yaitu *Human>Machine*, *Human>Environment*, *Machine>Human*, *Machine>Environment*, *Environment>Human*, *Environment>Machine*⁽⁹⁾.

Tabel 2.1. Interaksi Dasar Serta Evaluasinya Dalam Sistem⁽⁹⁾.

| INTERAKSI | EVALUASI |
|---|--|
| <p>H>M :Merupakan tindakan kontrol dasar yang dilakukan manusia dalam menggunakan mesin. Aplikasinya berupa : perawatan, penanganan material, dan lain sebagainya.</p> | <p>Anatomi : Postur tubuh dan pergerakan, besarnya kekuatan, durasi, frekuensi, kelelahan otot. Fisiologi : <i>Work rate</i> (konsumsi oksigen, detak jantung), <i>fitness of workforce</i>, kelelahan fisiologi</p> |
| <p>H>E : Efek dari manusia terhadap lingkungan Manusia mengeluarkan karbon dioksida, panas tubuh, polusi udara, dan lain Sebagainya.</p> | <p>Fisik : pengukuran objektif dari lingkungan kerja. Implikasinya berupa pemenuhan standar yang berlaku.</p> |

| | |
|---|--|
| <p>M>H : Umpan balik dan display informasi mesin dapat berefek tekanan terhadap manusia, berupa getaran, percepatan dan lain sebagainya. Permukaan mesin bisa panas ataupun dingin yang dapat menjadi ancaman kesehatan bagi manusia.</p> <p>M>E : Mesin dapat mengubah lingkungan kerja akibat bising, panas, rendah dan buangan gas berbahaya.</p> <p>E>H : Kebalikannya lingkungan, dapat mempengaruhi kemampuan manusia dalam bekerja, misalnya karena bising, temperature panas dan lain sebagainya.</p> <p>E>M : Lingkungan dapat mempengaruhi fungsi mesin, misalnya dapat membekukan komponen pada temperatur</p> | <p>Anatomi : desain dari kontrol dan alat.</p> <p>Fisik : pengukuran getaran, kekuatan mesin, bising dan temperatur permukaan mesin.</p> <p>Fisiologi : apakah umpan balik reaksi sensor melebihi batas fisiologis?.</p> <p>Aplikasi dari prinsip pengelompokan dalam disain tombol panel, <i>display grafik</i> dan <i>faceplates</i>.</p> <p>Umumnya ditangani oleh praktisi tehnik industri dan <i>industrial hygienist</i>.</p> <p>Fisik – fisiologi : survey bising, pencahayaan dan temperatur.</p> <p>Ditangani oleh praktisi tehnik industri, petugas <i>maintenance</i>, manajemen fasilitas dan lain sebagainya.</p> |
|---|--|

(*H = human, M = machine, E = environment, > = causal direction*)

Sebagai upaya untuk mencegah cedera, meningkatkan produktivitas, efisiensi dan kenyamanan dibutuhkan penyesuaian/penyesuaian interaksi antara lingkungan kerja, pekerjaan dan peralatan kerja, dengan manusia yang terlibat dengan pekerjaan tersebut. Interaksi yang ada pada sistem kerja harus menyesuaikan dengan keterbatasan kemampuan manusia baik secara fisik maupun mental.

B. Struktur Tubuh Manusia

Tubuh manusia dapat diurai menjadi banyak sistem, di antaranya ialah sistem rangka (*skeleton*), pencernaan (*digestiva*), peredaran darah (*sirkulasi*), otot (*muscle*), syaraf (*nervous*), dan lain-lain. Sistem-sistem ini bersatu dalam tubuh manusia dan memiliki peranan penting dalam interaksi manusia dengan lingkungan sekitarnya, namun dalam kajian ergonomi hanya dibahas beberapa subsistem penting yaitu otot, tulang, dan syaraf. Sub-sistem ini sangat penting dalam memahami sistem kerja mesin-manusia (*man-machine communication*). Mesin menyajikan *displays* dan manusia melakukan kontrol untuk mengendalikan mesin tersebut.



Gambar 2.3. *Man-machine Communcation Loop* ⁽⁷⁾

1. Sistem Otot

Otot merupakan komponen dari 45% berat badan. Setiap otot terdiri dari sejumlah serabut otot dengan panjang 0,5-14 cm dan rata-rata diameternya ialah 0,1 cm. Otot terdiri dari 100.000 sampai 1.000.000 serabut otot, dan pada ujungnya terdapat *kolagen* (tendon) yang kuat melekatkannya pada tulang. Salah satu fungsi penting dari otot adalah kemampuannya untuk berkontraksi dan berelaksasi, dan dalam hal ini kedua proses tersebut membuat seseorang dapat beraktivitas/bergerak⁽¹⁷⁾. Secara umum, kondisi otot ketika berkontraksi dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu⁽¹⁴⁾ :

- a. *Eccentric*, yaitu kondisi otot memanjang ketika kontraksi (keadaan siku ketika merendahkan tubuh ke lantai pada saat *push-up*).
- b. *Isometric*, yaitu kondisi panjang otot tetap konstan ketika kontraksi (keadaan siku ketika melawan tarikan gravitasi).
- c. *Concentric*, yaitu kondisi otot memendek ketika kontraksi (keadaan siku ketika mengangkat tubuh dari lantai saat melakukan *push-up*).

Kerja dari otot dapat dibagi menjadi dua, yaitu kerja otot statis dan dinamis. Kerja otot dinamis ialah pergerakan otot secara bergantian untuk berkontraksi dan berelaksasi secara berirama, contohnya ketika seseorang sedang mengayuh sepeda maka kayuhan kaki ialah termasuk jenis kerja otot dinamis. Sedangkan dalam kerja otot statis tidak terdapat pergantian fase kontraksi dan relaksasi dari otot, contohnya ialah berdiri pada saat upacara⁽⁹⁾.

Tabel 2.2. Perbedaan Kerja Otot Statik dengan Dinamik ⁽⁹⁾.

| Kerja Otot Statik | Kerja Otot Dinamik |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontraksi otot yang berkepanjangan. ▪ Aliran darah ke otot berkurang ▪ Produksi energi bersifat oksigen independen. ▪ Glikogen otot diubah menjadi asam laktat. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pergantian fase kontraksi-relaksasi. ▪ Aliran darah ke otot bertambah ▪ Produksi energi bersifat oksigen dependen. ▪ Glikogen otot → CO₂ + H₂O; otot mengambil glukosa dan asam lemak dari darah. |

Sumber energi utama bagi otot ialah dari pemecahan senyawa *phosphat* kaya energi (*energy-rich phosphat compounds*) dari kondisi energi tinggi ke energi rendah, dimana dalam waktu yang sama akan menghasilkan muatan elektron statis dan menyebabkan gerakan dari molekul *aktin* dan *myosin*. Hal tersebut ditunjukkan pada proses berikut :



ATP = *Adenosin Tri Phosphat*

ADP = *Adenosin Di Phosphat*

Guna melanjutkan proses ini, ATP harus disintesa ulang dengan bahan bakar yang berasal dari sumber lain. Dua proses berikut akan dapat lebih memberikan penjelasan secara lebih terinci :

a. Anaerobik

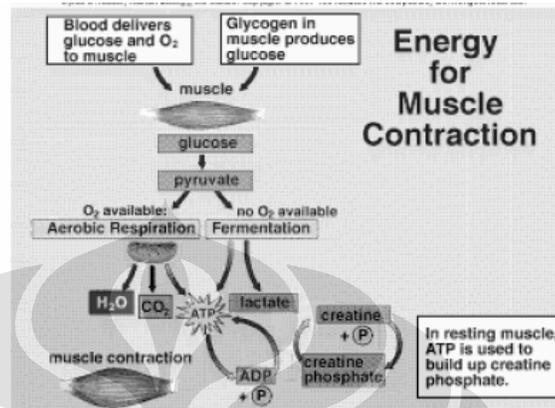
Proses anaerobik merupakan proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi tanpa bantuan oksigen. Glikogen yang terdapat dalam otot terpecah menjadi energi sehingga membentuk asam laktat. Terbentuknya asam laktat tersebut memberikan indikasi adanya kelelahan otot secara lokal, karena kurangnya jumlah oksigen yang disebabkan oleh kurangnya suplai darah yang dipompa jantung. Misalnya jika ada gerakan yang bersifat tiba-tiba (mendadak), lari jarak dekat (*sprint*), dan lain sebagainya. Sebab lain adalah karena pencegahan kebutuhan aliran darah yang mengandung oksigen dengan adanya beban otot statis (*static muscular load*), ataupun karena aliran darah yang tidak cukup menyuplai oksigen dan glikogen akan melepaskan asam laktat⁽¹⁵⁾.

b. Aerobik

Proses aerobik merupakan proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi dengan bantuan oksigen yang cukup. Asam laktat yang dihasilkan oleh kontraksi otot dioksidasi dengan cepat menjadi CO₂ (*carbon dioksida*) dan H₂O dalam kondisi aerobik. Sehingga beban pekerjaan yang tidak terlalu melelahkan akan dapat berlangsung cukup lama. Selain itu, aliran darah yang cukup akan mensuplai lemak (*fat*), karbohidrat dan oksigen ke dalam otot. Akibat dari kondisi kerja yang terlalu lama akan menyebabkan kadar glikogen dalam darah menurun drastis di bawah normal, dan sebaliknya kadar asam laktat akan meningkat, dan jika sudah demikian maka cara terbaik adalah menghentikan pekerjaan, kemudian istirahat dan makan

makanan yang bergizi untuk membentuk kadar gula dalam darah

(15)



Gambar 2.4. Energi Untuk Kontraksi Otot ⁽¹⁶⁾

2. Sistem Tulang/Kerangka

Kerangka (lihat gambar 2.5) berfungsi untuk membentuk tubuh, penentuan tinggi seseorang, perlindungan organ tubuh lunak (otak, jantung, dan hati), sebagai tempat melekatnya otot-otot, mengganti sel-sel yang telah rusak, memberikan sistem sambungan untuk gerak pengendali (*control*), dan untuk menyerap reaksi dari gaya serta beban kejut ⁽¹⁵⁾.

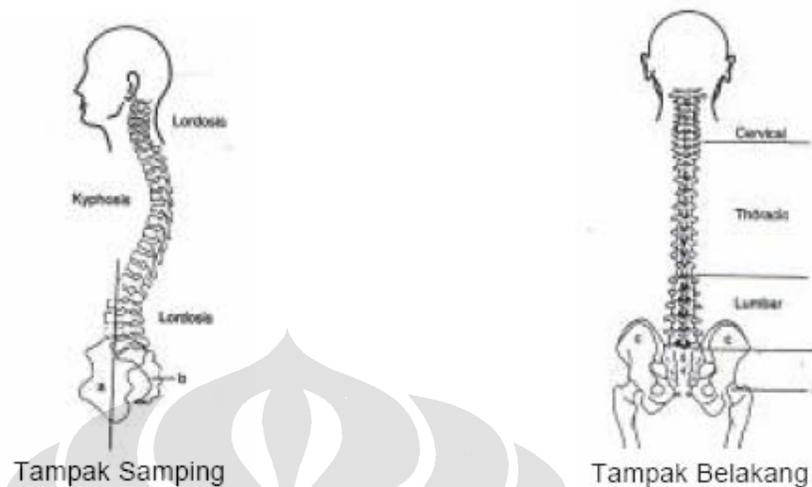
Panjang tulang untuk menentukan tinggi badan (*stature*) seseorang. Sedangkan batas jangkauan dapat menentukan ruang gerak aktivitas yang digambarkan oleh sistem sambungan tulang. Selain itu dimensi ruang yang terbentuk tersebut amat penting untuk penempatan pengendali dan desain stasiun kerja.



Gambar 2.5. Sistem Kerangka Manusia ⁽¹⁶⁾

Pada manusia dewasa, tulang punggung terbentuk sedemikian rupa sehingga dekat, atau di bawah *Central of Gravitation* (COG) dari berbagai arah bagian tubuh untuk mendukung secara garis lurus, untuk menahan berbagai tekanan. Tekanan ini dijaga oleh tulang punggung (*vertebra*) dan cakram *intervertebral*. Cakram ini menampilkan gerakan yang sangat elastis. Kekuatan yang sangat cepat dan tiba-tiba ditahan dengan cara yang elastis. Pada awalnya cakram sendi berubah bentuk, kemudian kembali ke bentuk semula dengan cepat ketika kekuatan dilepaskan ⁽⁹⁾.

Bentuk tulang punggung menyerupai huruf “S” atau yang biasa disebut dengan spinal spring, seperti gambar di bawah :



Gambar 2.6. *Spinal Colum*, keterangan: (a) pelvis, (b) *sacrum*, (c) *pelvis*, (d) *hip joints* ⁽⁹⁾

a. *Cervical & lumbar*

Cervical & lumbar memiliki susunan tulang punggung yang *lordosis* (cembung ke depan). Untuk mengurangi energi yang dibutuhkan agar sikap tubuh tetap tegak dan meletakkan segmen gerakan-gerakan lumbar dalam sikap yang dapat menahan tekanan.

b. *Thoracic*

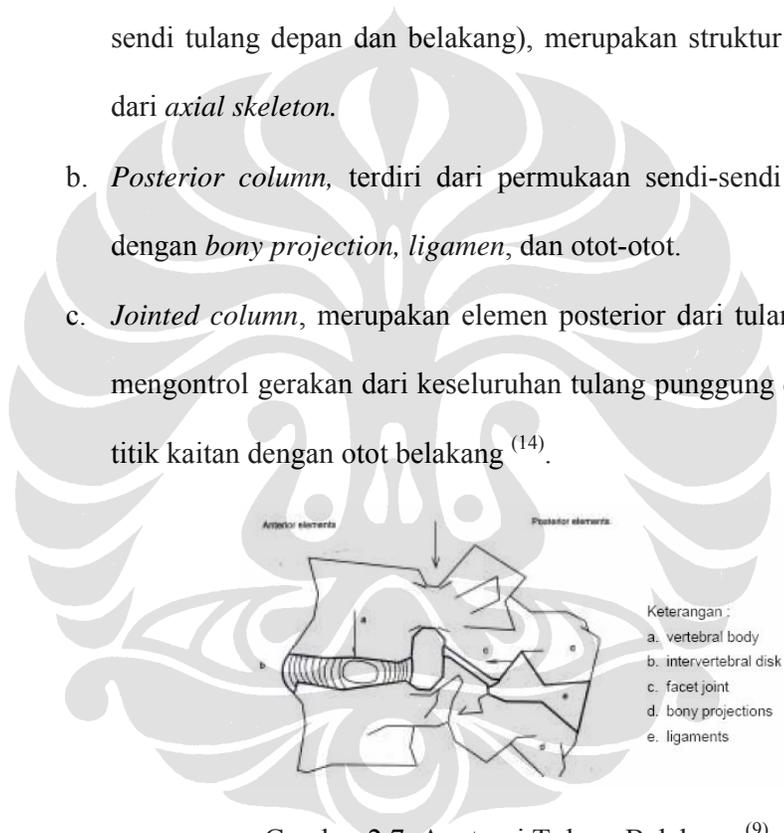
Thoracic memiliki susunan tulang punggung yang *kyphosis* (cekung ke depan) dan diperkuat serta didukung oleh tulang rusuk dan otot-otot yang saling berhubungan.

c. *Pelvis*

Pelvis merupakan struktur berbentuk cincin yang terdiri dari tiga tulang, yaitu *sacrum* dan dua tulang *innominate*. Tiga tulang tersebut diikat oleh *ligamen*. Struktur *pelvis posterior*, *sacrum*, dan *illium* memiliki fungsi penahan berat tubuh.

Secara sederhana, tulang belakang terdiri dari tiga anatomi yang berbeda tetapi masih memiliki fungsi yang saling berhubungan (lihat gambar 2.7), yaitu :

- a. *Anterior column*, terdiri dari rangka tulang belakang, *intervertebral disks* (piringan sendi tulang belakang), *ligamen anterior dan posterior* (ikatan sendi tulang depan dan belakang), *ligamen, anterior dan posterior* (ikatan sendi tulang depan dan belakang), merupakan struktur pendukung utama dari *axial skeleton*.
- b. *Posterior column*, terdiri dari permukaan sendi-sendi dan berhubungan dengan *bony projection, ligamen*, dan otot-otot.
- c. *Jointed column*, merupakan elemen posterior dari tulang punggung yang mengontrol gerakan dari keseluruhan tulang punggung dan memiliki titik-titik kaitan dengan otot belakang ⁽¹⁴⁾.

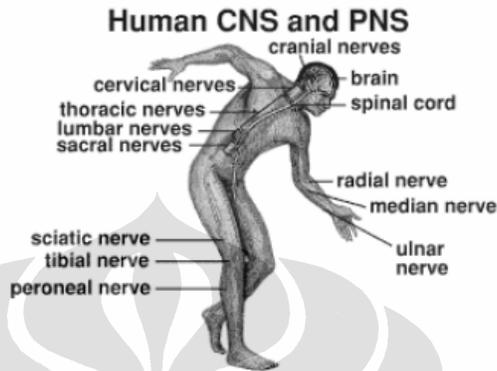


Gambar 2.7. Anatomi Tulang Belakang ⁽⁹⁾

3. Sistem Syaraf

Pengendali gerakan ialah sistem saraf. Sistem syaraf sendiri terdiri dari sistem saraf pusat (SSP/CNS) dan sistem saraf tepi (SST/PNS). Jika tubuh diberi rangsangan, maka bagian yang diberi rangsangan tersebut akan mengeluarkan impuls. Stimulus dapat menghasilkan aksi potensiasi, yaitu selisih potensial dan

bergerak 10 sampai 100 meter per detik selalui serat saraf menuju organ yang bersangkutan⁽¹⁷⁾.



Gambar 2.8. Anatomi Sistem Syaraf Manusia⁽¹⁶⁾

Neuron adalah unit dasar dalam sistem transmisi informasi (sensoris/motoris). *Neuron* memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran. Setiap *neuron* memiliki tiga bagian, yaitu: badan sel, *dendrit*, dan *akson*. Berbagai macam informasi diterima oleh tubuh selalui sistem sensoris (*reseptor*). Reseptor diklasifikasikan ke dalam dua kelompok, yaitu: *elektroreseptor* dan *interoreseptor*⁽⁷⁾.

C. Manual Handling

1. Definisi *Manual handling*

Manual handling didefinisikan sebagai suatu aktifitas dimana manusia mengerahkan tenaga yang besar untuk melakukan kegiatan seperti mengangkat, mengangkut, menurunkan, mendorong, menarik atau gerakan-gerakan lain seperti memegang dan mengendalikan beberapa objek yang bergerak maupun yang tidak bergerak, juga mencakup kegiatan menarik tuas, menahan atau mengoperasikan perkakas bermesin⁽³⁴⁾. Pekerjaan ini sampai sekarang masih banyak dilakukan

dan umumnya pekerjaan tersebut banyak menimbulkan cedera. Cedera otot dan tali sendi terjadi bila tubuh melakukan kegiatan secara berlebihan dan dengan penyalahgunaan secara terus-menerus. Adapun aktivitas yang terjadi saat melakukan pekerjaan *manual handling* yaitu:

a. Mengangkat

Pekerjaan mengangkat merupakan pekerjaan yang sering dilakukan di tempat kerja dan dapat mengakibatkan cedera hingga kecacatan permanen akibat ketidaknyamanan dan ketegangan otot. Hal penting dalam kegiatan mengangkat yaitu dengan memperhatikan prinsip-prinsip mekanik dari tubuh atau badan. Bagian tubuh yang paling berperan adalah tulang belakang, yang memiliki kemampuan menahan beban sekitar 2 kg. Tulang belakang tidak dapat menahan berat dari tubuh kecuali dalam keadaan stabil. Kestabilan tulang punggung sangat tergantung pada kontaksi panjang/pendeknya otot-otot di punggung. Kontaksi otot-otot punggung bertambah bila seseorang dalam posisi membungkuk ke arah depan, sebaliknya ketika dalam posisi membungkuk ke arah belakang, kontraksi otot-otot perut akan bertambah.

Tubuh dapat mengalami cedera melalui tiga cara, yaitu:

- 1) Otot-otot dan sendi di punggung gagal dalam tekanan yang berlebihan.
- 2) Isi dan piringan antara tulang belakang gagal dalam tekanan yang berlebihan.
- 3) Isi dari abdominal atau perut dapat keluar melalui rongga perut, sebagai hasil dari tekanan yang berlebih pada bagian dalam perut.

Cidera-cidera ini biasanya disebut sebagai tegang otot, *slipped disc* dan *hernia*. Cara mengangkat yang tidak benar adalah penyebab umum yang dilaporkan sebagai penyebab nyeri pinggang (*low back pain*) di dalam pekerjaan *munufaciuring*. Cidera lainnya yang dapat terjadi adalah risiko cidera *musculoskeletal* akibat kerja (*Work-Related Musculoskeletal Disorders* = *WMSDs*). WHO (*World Health Organization*) mendefinisikan cidera akibat kerja (*work-related disorders*) sebagai faktor-faktor risiko termasuk fisik, organisasi, psikososial, dan sosiologis. Suatu *disorder* dapat ditetapkan berhubungan dengan kerja bila prosedur kerja, peralatan, atau lingkungan secara nyata menyumbang terjadinya *disorder*. Terdapat variasi yang lebar dalam kriteria diagnosis untuk *musculoskeletal disorder*, yaitu dari diagnosis klinis berdasarkan gejala (*symptom*) dan tanda-tanda (*signs*), hingga diagnosis berdasarkan pada kriteria struktur dan fungsional untuk yang lainnya (istilah "*disorders*" lebih luas daripada "injury" dan lebih tepat dalam menjelaskan fenomena yang dipertimbangkan).

Faktor-faktor potensial yang menyebabkan *musculoskeletal disorder* adalah (1) respon biologis jaringan (*muscle*, tendon, dan saraf) pada stressor biomekanik; (2) biomekanik dari stressor kerja, yaitu faktor pekerjaan dan faktor individu sebagai beban internal; (3) perspektif epidemiologi dari kontribusi faktor fisik; (4) faktor non-biomekanik (psikologis, organisasi, sosial, dan (5) intervensi pencegahan.

Terdapat dua teknik dalam aktivitas mengangkat, yaitu *bent-back lifting* dan *straight-back lifting*. Teknik yang pertama dilakukan dengan posisi kedua

kaki lurus dan fleksi atau dimana lenturan terjadi di panggul dan tulang punggung yang menyebabkan gerakan fleksi yang besar menekan pada tulang belakang. Pada gerakan ini tubuh menjadi beban. Sedangkan teknik yang kedua biasanya lebih aman, dilihat dari posisi tulang belakang dengan tubuh lebih banyak bergerak dan beban lebih dekat ke tubuh, gerakan fleksi akan berkurang.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan di saat mengangkat:

- 1) Sedapat mungkin menggunakan peralatan bantuan untuk mengangkat.
- 2) Dalam mengangkat dengan posisi dan postur yang benar diperlukan ruang yang cukup.
- 3) Menghilangkan rintangan sebelum memindahkan objek.
- 4) Ketinggian awal dan akhir dari objek harus berada pada tingkat yang sesuai yakni pada pertengahan paha dan bahu.
- 5) Pusat gravitasi beban diusahakan sedekat mungkin dengan badan.
- 6) Tidak memutar punggung.
- 7) Hindari mengangkat dengan satu tangan
- 8) Mengurangi berat beban bila sering mengangkat.

b. Mengangkut

Pada kegiatan mengangkut beban sebaiknya sedekat mungkin dengan garis vertikal tubuh sehingga dapat meminimalkan tekanan gerakan dan menghindari aktivitas otot statis yang tidak perlu. Dalam mengangkut material, pekerja akan menghabiskan banyak waktu dan timbul kelelahan bila dilakukan dengan gerakan badan yang tak stabil / seperti membengkok atau memutar badan.

Mengangkut beban di atas punggung dapat menyebabkan otot perut berkonstraksi statis dan kurang menguntungkan. Membawa material yang berat sebaiknya dibagi menjadi barang yang lebih kecil jika memungkinkan.

Mengangkut material akan lebih mudah dan cepat jika digenggam dengan kuat sehingga menghindari kemungkinan benda terjatuh dan rusak karena terlepas dari pegangan. Pegangan yang baik dapat mengurangi kelelahan, mengurangi perputaran tubuh dan mengurangi kekuatan otot yang diperlukan untuk membawa beban.

Terdapat dua prinsip kinetik yang perlu diperhatikan dalam mengangkut yang baik ⁽³⁵⁾:

- 1) Beban diusahakan menekan pada otot tungkai yang kuat dari sebanyak mungkin otot belakang yang lemah dibebaskan dari pembebanan
- 2) Momentum gerak badan diusahakan untuk mengawali gerakan mengangkat.
- 3) Untuk menerapkan kedua prinsip tersebut setiap kegiatan mengangkut harus dilakukan sebagai berikut:
 - Pegangan harus tepat, memegang diusahakan tidak dengan beberapa jari tetapi dengan tangan penuh sehingga terhindar dari ketegangan statis lokal pada jari yang lebih besar.
 - Lengan harus sedekat mungkin terhadap badan dan dengan posisi lurus.
 - Punggung harus dijaga selurus mungkin.

- Daguk ditarik segera setelah kepala bisa ditegakkan lagi seperti pada permulaan gerak. Dengan posisi kepala dan dagu tegak, seluruh tulang belakang diluruskan.
 - Posisi kaki dibuat sedemikian rupa sehingga mampu untuk mengimbangi momentum yang terjadi dalam mengangkat. Satu kaki ditempatkan ke arah jurusan gerak yang dituju, kaki kedua ditempatkan sedemikian rupa sehingga membantu mendorong tubuh pada gerakan pertama.
 - Beban diusahakan berada sedekat mungkin terhadap garis vertikal yang melalui pusat gravitasi tubuh (*Center of Gravity*).
 - Menggunakan alat pelindung diri (APD) yang diperlukan untuk mencegah luka karena material yang ditangani, misalnya *safety helm* yang mencegah kepala tertimpa material.
2. Kondisi-kondisi Tulang Belakang yang dapat terjadi pada saat melakukan aktifitas *manual handling*

a. Kompresi Mekanik (*Compression*)

Kompresi mekanik adalah tekanan pada *korpus discus* ke arah aksial atau memanjang sejajar garis gravitasi, dapat menyebabkan fraktur *end-plate* dari salah satu *corpus vertebrae*. Hal ini terjadi karena beban aksial yang diberikan pada *discus* oleh *nucleus pulposus* disalurkan kekuatannya ke semua arah terutama ke lateral ke arah *annulus*. *Annulus* memiliki kerentanan terhadap beban sehingga dengan adanya penekanan tambahan menyebabkan *end-plate*

patah sehingga timbul penonjolan ke depan *corpus vertebrae* dan selanjutnya terjadi *herniasi nucleus pulposus* (HNP). HNP melalui robekan *annulus* baru timbul bila sebelumnya terjadi degenerasi *annulus*. Toleransi terhadap kompresi akan menurun jika sering mengangkat beban. Batas toleransi mengangkat beban adalah kurang dari 150 kali perhari. Selain itu usia yang makin tua akan menurunkan toleransi ini. Pada pria toleransi mengangkat beban ini 17% lebih tinggi dari wanita.

b. Gerak Torsi/Rotasi (*Torsion*)

Gerak torsi adalah gerak putar (rotasi) dari *korpus vertebrae* akibat adanya gaya mekanik. Faktor yang berpengaruh pada gerak torsi 90% adalah *annulus intervertebralis*, faset dan ligamen. Ini berperan pertama dan terpenting dalam menahan torsi. Percobaan rotasi paksa memberikan robekan-robekan melingkar (*circumferential*) dari lapisan-lapisan perifer dari *annulus* yang menyerupai perubahan degenerasi *annulus* alamiah. Diskus akibat torsi sering mengalami kerusakan sehingga terjadi degenerasi. Faset juga menahan 25% tekanan kompresi terutama pada posisi ekstensi sehingga gerak rotasi dan ekstensi sangat berbahaya bagi pinggang. Gerak rotasi yang aman bagi *discus* adalah kurang dari 45° , sedangkan gerak lateral fleksi yang dilakukan karena beban simetris sehingga mengangkat beban miring harus kurang dari 20° .

c. Gerak Geser

Gaya geser pada *corpus vertebrae* sangat berpengaruh pada *discus* bila posisi tubuh fleksi, ekstensi, lateral fleksi dan rotasi. Bagian tulang yang

menahan gaya geser ini adalah faset dan *annulus discus*. Bila *discus* mengalami degenerasi maka beban faset bertambah sehingga menjadi tidak stabil dan mudah terkena trauma, timbulnya inflamasi faset dan dirasakan nyeri pada tulang belakang. Proses degenerasi *diskus* sendiri ditandai adanya *osteofit* dan penyempitan ruang *intervetrebalis* tidak selalu menyebabkan LBP sebab kelainan ini 30% ditemukan tanpa keluhan LBP.

d. Ketegangan (*Tension*)

Gerak *Lumbar Pelvic Rhythm* (LPR) dari posisi pinggang tegak ke posisi membungkuk akan dipengaruhi oleh kontraksi eksentrik otot *paraspinal*, *glutei* dan *haputring*, kontraksi konsentrik otot perut dan *illiopsoas*, keadaan sendi *lumbo sacral*, *sakro illiaca* dan sendi paha. Fleksi 45 - 60⁰ terjadi pada sendi *lumbo sacral* dan 45⁰ sisanya pada sendi paha. Pada posisi membungkuk, beban yang diterima oleh sendi *lumbo sacral* semakin besar. Menurut Nachemson, jika berat badan 70 Kg maka beban pada lumbar ke-tiga pada posisi tegak adalah 70 Kg, sedangkan pada posisi membungkuk 20⁰ bertambah menjadi 120 Kg. Pada keadaan mengangkat dan membawa beban pada otot-otot sekitar *columna vertebralis* terjadi kontraksi /ketegangan yang meningkat, karena beban pada *discus* menjadi 7 kali di banding besar beban yang dipegang. Ketegangan otot ini berlangsung selama mengangkat dan membawa beban. Jika pekerjaan mengangkat dan membawa beban ini sering dilakukan dan pada waktu yang lama, maka otot dan ligamen terutama sekitar pinggang akan lekas lelah dan akhirnya terjadi mikrotrauma disertai keluhan nyeri.

Ada beberapa penelitian yang menyatakan bahwa pekerjaan *manual handling* dapat menyebabkan terjadinya *musculoskeletal disorders* yaitu:

1. Penelitian di Australia Barat pada tahun 1995 yang dilakukan oleh L. M. Stracker menyatakan bahwa ada 8939 kasus yang disebabkan *manual handling* atau sekitar 30 % dari seluruh kasus yang ada. Dari 8939 kasus sekitar 49% berupa *musculoskeletal disorder*, 88.8% berupa keluhan pada otot dan tulang rangka. Adapun bagian tubuh yang terkena adalah sekitar 3 % mengenai pada daerah leher, 23.3% pada daerah bahu dan lengan, 65.4% pada daerah punggung dan 5 % terjadi di daerah anggota gerak bagian bawah ⁽²¹⁾.
2. Penelitian di Amerika pada tahun 2004 menyatakan bahwa ada sekitar 60% pekerja *manual handling* menderita nyeri dan cedera pada daerah punggung, dan hal itu disebabkan karena aktivitas *manual handling* saat bekerja seperti mengangkat, menarik, mengangkat barang serta memegang alat. ⁽³¹⁾
3. Bureau of Labor Statistics (BLS) melaporkan bahwa di Amerika ada sekitar 522,528 kasus MSDs pada tahun 2001, sekitar 75% karena pekerjaan *manual handling*, 11.5% karena gerakan yang berulang-ulang, secara rinci diterangkan di bawah ini :⁽³³⁾
 - a. 219.665 kasus disebabkan karena mengangkat barang, dan 69.274 kasus disebabkan karena membungkuk dan punggung memutar.
 - b. Sekitar 67% dari pekerja *manual handling* mengeluh pada bagian punggung dan 76.5% mengeluh pada bagian otot (kaku, nyeri, keseleo).

- c. Ada sekitar 60.099 kasus disebabkan karena gerakan yang berulang .
4. NIOSH 1981 menyebutkan sekitar 500.000 pekerja menderita cedera akibat penggunaan tenaga yang berlebih, 60% disebabkan aktivitas mengangkat, 20% karena mendorong dan menarik.⁽⁹⁾
5. Vernon-Roberts, 1989 mengatakan gerakan mengangkat obyek kerja yang berat (postur membungkuk) dapat mengakibatkan terjadinya hernia pada tulang belakang.⁽⁹⁾

D. Musculoskeletal Disorders (MSDs)

1. Definisi *Musculoskeletal Disorders*

Musculoskeletal disorders (MSDs) adalah sekelompok kondisi patologis yang mempengaruhi fungsi normal dari jaringan halus sistem *musculoskeletal* yang mencakup syaraf, tendon, otot, dan struktur penunjang seperti *discus intervertebral*.

MSDs menjadi suatu masalah disebabkan karena⁽¹⁹⁾ :

- a. Waktu kerja yang hilang karena sakit umumnya disebabkan penyakit otot rangka.
- b. MSDs terutama yang berhubungan dengan punggung merupakan masalah penyakit akibat kerja yang penanganannya membutuhkan biaya yang tinggi.
- c. MSDs menimbulkan rasa sakit yang amat sangat sehingga membuat pekerja menderita dan menurunkan produktivitas kerja.

- d. Penyakit MSDs bersifat multikausal sehingga sulit untuk menentukan proporsi yang semata-mata akibat hubungan kerja.
- e. MSDs dapat bermanifestasi dalam berbagai bentuk pada bagian tubuh dengan gejala dan penyebab yang berbeda-beda, seperti yang diterangkan di dalam tabel 2.3.

Table 2.3. Beberapa Contoh dari MSDs (Sumber: *Occupational Health Clinics for Ontario Workers*, 1997)

| Penyakit | Jaringan yang Terganggu | Gejala | Penyebab |
|---|--|--|--|
| Carpal tunnel syndrome pada pergelangan tangan | Nervus Medialis Pembuluh darah Tendon | <ul style="list-style-type: none"> • Mati rasa pada ibu jari, telunjuk, jari tengah dan jari manis terutama pada malam hari • Genggaman yang lemah | Gerakan fleksi yang berulang pada pergelangan tangan |
| Myofascial pain pada leher dan punggung bagian atas | Otot Tendon Saraf | <ul style="list-style-type: none"> • Rasa berat dan nyeri • Kaku pada punggung bagian atas dan leher. • Susah tidur | Bekerja di atas lengan atas dengan posisi ekstensi |
| Shoulder bursitis | Bursa | <ul style="list-style-type: none"> • Nyeri bahu • Kaku • Kesulitan waktu memakai baju | Pergerakan bahu yang berulang-ulang |
| Tennis elbow (lateral epicondylitis) | Elbow tendon pada sisi ibu jari dari lengan atas | <ul style="list-style-type: none"> • Nyeri siku • Kesulitan ketika memeras handuk dan ketika mengenakan perhiasan | Gerakan memutar berulang-ulang pada lengan atas |

| | | | |
|---|---|--|--|
| Thumb tendonitis or DeGuervain's tendonitis | Tendon of thumb (dari ujung kuku sampai pergelangan tangan) | <ul style="list-style-type: none"> • Nyeri ibu jari • Kesulitan ketika menekan dan menggenggam | Menekan berulang-ulang, menarik menggunakan ibu jari |
| Trigger fingers or tenosynovitis of fingers | Tendon, synovium | <ul style="list-style-type: none"> • Jari-jari kaku | Penggunaan tangan untuk menggenggam alat secara berulang |
| Wrist/forearm tendonitis | Tendon, otot | <ul style="list-style-type: none"> • Nyeri, bengkak • Genggaman yang lemah | Gerakan berulang pada wrist & forearm |
| Rotator cuff tendonitis | Rotator cuff tendon located in front of shoulder | <ul style="list-style-type: none"> • Nyeri bahu • Kaku • Kesulitan untuk menggapai punggung | Gerakan berulang pada bahu |

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa *musculoskeletal disorders* merupakan gangguan fungsi normal pada jaringan tubuh yang mencakup saraf, tendon, otot, dan struktur penunjang seperti *discus intervertebral*. MSDs dapat bermanifestasi dalam berbagai bentuk pada bagian tubuh dengan gejala dan penyebab yang berbeda-beda.

2. Faktor Risiko *Muculoskeletal Disorders* (MSDs) Dan Keluhan *Muculoskeletal*

Faktor-faktor risiko yang terdapat pada aktifitas *manual handling* terkait MSDs dapat diklasifikasikan menjadi: faktor risiko yang terkait dengan karakteristik pekerjaan (*task characteristic*), karakteristik objek (*material/object characteristic*), lingkungan kerja (*workplace characteristic*), dan faktor individu (6, 8).

a. Karakteristik Pekerjaan

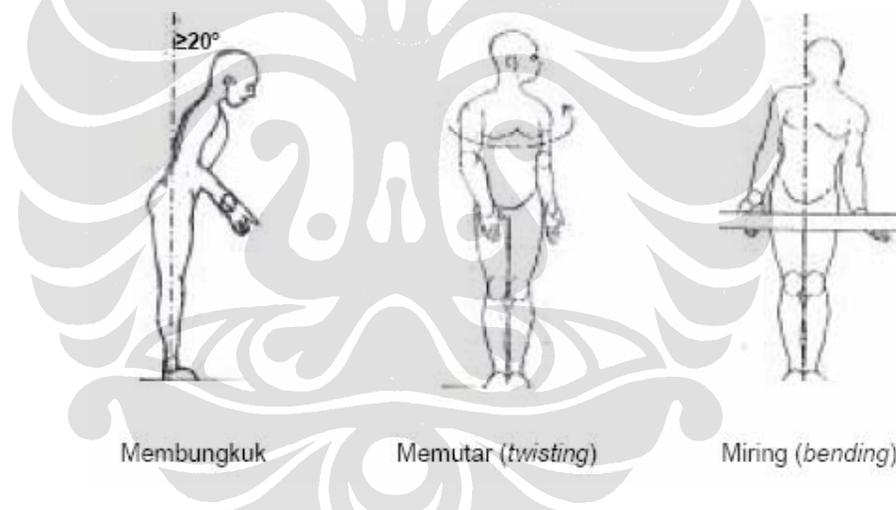
Karakteristik pekerjaan yang menjadi faktor risiko *Muculoskeletal Disorders* (MSDs) antara lain :

1) Postur Kerja

Postur kerja adalah posisi tubuh pekerja pada saat melakukan aktivitas kerja yang biasanya terkait dengan disain area kerja dan *task requirements* (20). Salah satu penyebab utama gangguan otot rangka adalah postur janggal (*awkward posture*). Postur janggal adalah posisi tubuh yang menyimpang secara signifikan terhadap posisi normal saat melakukan pekerjaan. Bekerja dengan posisi janggal meningkatkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk bekerja. Posisi janggal menyebabkan kondisi dimana perpindahan tenaga dari otot ke jaringan rangka tidak efisien sehingga mudah menimbulkan lelah. Termasuk ke dalam postur janggal adalah pengulangan atau waktu lama dalam posisi menggapai, berputar (*twisting*), memiringkan badan, berlutut, jongkok, memegang dalam kondisi statis, dan menjepit dengan tangan. Postur ini melibatkan beberapa

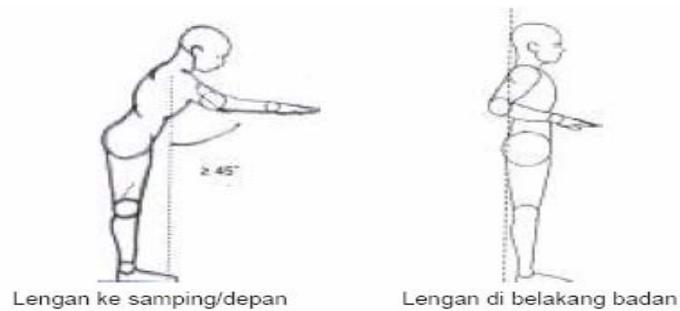
area tubuh seperti bahu, punggung dan lutut, karena bagian inilah yang paling sering mengalami cedera ⁽²¹⁾.

Postur punggung yang merupakan faktor risiko adalah membungkukkan badan sehingga membentuk sudut 20° terhadap *vertical*, dan berputar dengan beban objek $\geq 9\text{kg}$, durasi ≥ 10 detik, dan frekuensi ≥ 2 kali/menit atau total lebih dari 4 jam/hari ⁽²²⁾. Memiringkan badan (*bending*) dapat didefinisikan sebagai refleksi dari tulang punggung, biasanya ke arah depan atau ke samping. Berputar (*twisting*) adalah adanya rotasi atau torsi pada punggung ⁽²²⁾.



Gambar 2.9. Postur Janggal Pada Punggung

Postur bahu yang merupakan faktor risiko adalah melakukan pekerjaan dengan tangan di atas kepala atau siku di atas bahu lebih dari 4 jam/hari atau lengan atas membentuk sudut 45° ke arah samping atau ke arah depan terhadap badan selama lebih dari 10 detik dengan frekuensi ≥ 2 kali/menit dan beban $\geq 4.5\text{ kg}$ ⁽²²⁾.



Gambar 2.10. Postur Janggal Pada Bahu

Postur leher yang merupakan faktor risiko adalah melakukan pekerjaan dengan posisi menunduk (membengkokkan leher $\geq 20^\circ$ terhadap vertikal), menekukkan kepala atau menoleh ke samping kiri atau kanan, serta menengadahkan⁽²²⁾.



Gambar 2.11. Postur Janggal Pada Leher

2) Frekuensi

Banyaknya frekwensi aktivitas (mengangkat atau memindahkan) dalam satuan waktu (menit) yang dilakukan oleh pekerja dalam satu hari. Frekwensi gerakan postur janggal ≥ 2 kali /menit merupakan faktor risiko terhadap pinggang. Pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang dapat menyebabkan rasa lelah bahkan nyeri/sakit pada otot, oleh karena adanya akumulasi produk sisa berupa asam laktat pada jaringan. Akibat lain dari

pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang akan menyebabkan tekanan pada otot dengan akibat terjadinya edema atau pembentukan jaringan parut. Akibat adanya jaringan parut maka akan terjadi penekanan di otot yang akan mengganggu fungsi syaraf. Terganggunya fungsi syaraf, destruksi serabut saraf atau kerusakan yang menyebabkan berkurangnya respon syaraf dapat menyebabkan kelemahan pada otot ⁽²²⁾.

3) Durasi

Durasi adalah jumlah waktu terpajan faktor risiko. Durasi dapat dilihat sebagai menit-menit dari jam kerja/hari pekerja terpajan risiko. Durasi juga dapat dilihat sebagai pajanan/tahun faktor risiko atau karakteristik pekerjaan berdasarkan faktor risikonya. Secara umum, semakin besar pajanan durasi pada faktor risiko, semakin besar pula tingkat risikonya.

Durasi dibagi sebagai berikut :

- a) Durasi singkat : < 1 jam/hari
- b) Durasi sedang : 1-2 jam/hari
- c) Durasi lama : > 2 jam

Risiko fisiologis utama yang dikaitkan dengan gerakan yang sering dan berulang-ulang adalah keletihan atau kelelahan otot. Sepanjang otot mengalami kontraksi, otot tersebut harus menerima pasokan tetap oksigen dan bahan gizi dari aliran darah. Jika gerakan berulang-ulang dari otot menjadi terlalu cepat untuk membiarkan oksigen yang memadai mencapai jaringan atau membiarkan uptake kalsium, terjadilah kelelahan otot ⁽¹⁹⁾.

4) Vibrasi (getaran)

Vibrasi dapat menyebabkan perubahan fungsi aliran darah pada ekstremitas yang terpapar bahaya vibrasi. Gangguan ini dikenal dengan *Reynaud's disease*. Penyakit ini menyebabkan kerusakan saraf tepi. Menggunakan alat-alat tipe tumbuk atau ketuk seperti kunci Inggris tumbuk, pelepas karpet, gergaji mesin, alat-alat tumbuk (alat peluang beton, martil pemancang/pengeling) atau alat-alat lain yang mempunyai tingkat vibrasi yang tinggi. Sedangkan menggunakan alat penggiling, penabur pasir (*sander*), gergaji ukir atau alat tangan lain yang mempunyai tingkat vibrasi sedang ⁽⁷⁾.

b. Karakteristik Individu

Karakteristik individu yang menjadi faktor risiko MSDs antara lain :

1) Usia

Usia seseorang berbanding langsung dengan kapasitas fisik sampai batas tertentu dan mencapai puncaknya pada umur 25 tahun. Pada umur 50-60 tahun kekuatan otot menurun sebesar 25%, kemampuan sensoris motoris menurun sebanyak 60%. Selanjutnya kemampuan kerja fisik seseorang yang berumur > 60 tahun tinggal mencapai 50% dari umur orang yang berumur 25 tahun. Bertambahnya umur akan diikuti penurunan VO_2 max, tajam penglihatan, pendengaran, kecepatan membedakan sesuatu, membuat keputusan dan kemampuan mengingat jangka pendek. Oleh karena itu, pengaruh umur harus selalu dijadikan pertimbangan dalam memberikan pekerjaan pada seseorang ⁽²³⁾. Chaffin (1979) dan Guo *et al.*

(1995) menyatakan bahwa pada umumnya keluhan otot skeletal mulai dirasakan pada usia kerja, yaitu 16-65 tahun. Keluhan pertama biasanya dirasakan pada usia 35 tahun dan tingkat keluhan akan terus meningkat dengan bertambahnya umur. Hal ini terjadi karena pada usia setengah baya kekuatan dan ketahanan otot mulai menurun sehingga risiko terjadinya keluhan otot meningkat. Pada penelitian tersebut diklasifikasikan usia berdasarkan tingkat kekuatan dan ketahanan otot yaitu :16-30 tahun, 31-50 tahun dan lebih dari 5 tahun.⁽⁸⁾

2) Kebiasaan olah raga

Aerobic fitness meningkatkan kemampuan kontraksi otot. Delapan puluh persen (80 %) kasus nyeri tulang punggung disebabkan karena buruknya tingkat kelenturan (*tonus*) otot atau kurang berolah raga. Otot yang lemah terutama pada daerah perut tidak mampu menyokong punggung secara maksimal.

3) Masa kerja.

Merupakan faktor risiko dari suatu pekerja yang terkait dengan lama bekerja. Dapat berupa masa kerja dalam suatu perusahaan dan masa kerja dalam suatu unit produksi. Masa kerja merupakan faktor risiko yang sangat mempengaruhi seorang pekerja untuk meningkatkan risiko terjadinya *muskuloskeletal disorders*, terutama untuk jenis pekerjaan yang menggunakan kekuatan kerja yang tinggi. Riihimaki *et al.* (1989)

menjelaskan bahwa masa kerja mempunyai hubungan yang kuat dengan keluhan otot. Dan pada penelitian ini mengklasifikasikan masa kerja berdasarkan tingkat adaptasi dan ketahanan otot yaitu 0-5 tahun, 6-10 tahun, dan lebih dari 11 tahun.⁽⁸⁾

4) Kebiasaan Merokok

Berdasarkan beberapa penelitian telah membuktikan bahwa kebiasaan merokok dapat meningkatkan keluhan otot rangka, semakin lama dan semakin sering frekwensi rokok maka keluhan otot rangka yang dirasakan semakin tinggi. Boshuizen *et al.* (1993) menemukan hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dengan keluhan otot pinggang, khususnya untuk pekerjaan yang memerlukan pengerahan otot. Kebiasaan merokok akan dapat menurunkan kapasitas paru-paru, sehingga kemampuan untuk mengkonsumsi oksigen menurun dan sebagai akibatnya tingkat kesegaran tubuh juga menurun. Apabila yang bersangkutan harus melakukan tugas yang menuntut pengerahan tenaga, maka akan mudah lelah karena kandungan oksigen dalam darah rendah, pembakaran karbohidrat terhambat, terjadi tumpukan asam laktat dan akhirnya timbul rasa nyeri otot. Selain itu merokok dapat pula menyebabkan berkurangnya kandungan mineral dalam tulang sehingga menyebabkan nyeri akibat dari keretakan/ kerusakan tulang⁽²⁹⁾.

5) 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, disisi lain tidak mempunyai waktu yang cukup untuk istirahat, hampir dapat dipastikan akan terjadi keluhan otot. Tingkat keluhan otot juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kesegaran tubuh. Laporan NIOSH yang dikutip dari hasil penelitian Cady *et al.* (1979) menyatakan bahwa untuk tingkat kesegaran tubuh yang rendah, maka risiko terjadinya keluhan adalah 7.1 %, tingkat kesegaran tubuh sedang adalah 3.2 % dan tingkat kesegaran tubuh tinggi adalah 0.8 %. Hal ini juga diperkuat dengan laporan Betti'e *et al.* (1989) yang menyatakan bahwa hasil penelitian terhadap para penerbang menunjukkan bahwa kelompok penerbang dengan tingkat kesegaran tubuh yang tinggi mempunyai risiko yang sangat kecil terhadap risiko cedera otot. Dari uraian diatas dapat digaris bawahi bahwa tingkat kesegaran tubuh yang rendah akan mempertinggi risiko terjadinya keluhan otot. Keluhan otot akan meningkat sejalan dengan bertambahnya aktivitas fisik.⁽⁸⁾

6) 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 risiko dua kali lipat dibandingkan wanita kurus. Temuan lain menyatakan bahwa pada tubuh yang tinggi umumnya sering menderita keluhan sakit punggung, tetapi tubuh tinggi tidak mempunyai pengaruh terhadap keluhan pada leher, bahu dan pergelangan tangan. Apabila dicermati, keluhan otot skeletal yang terkait dengan ukuran tubuh lebih disebabkan oleh kondisi keseimbangan struktur rangka di dalam menerima beban, baik berat beban tubuh maupun beban tambahan lainnya. Sebagai contoh, tubuh yang tinggi pada umumnya mempunyai bentuk tulang yang langsing sehingga secara biomekanik rentan terhadap beban tekan dan rentan terhadap tekukan, oleh karena itu mempunyai risiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot.⁽⁸⁾

c. Karakteristik Objek

Karakteristik objek yang menjadi faktor risiko MSDs antara lain :

1) Berat objek

Menurut ILO, beban maksimum yang diperbolehkan untuk diangkat oleh seseorang adalah 23-25 kg. Mengangkat beban yang terlalu berat akan mengakibatkan tekanan pada *discus* pada tulang belakang (*deformitas discus*). *Deformitas discus* menyebabkan derajat *kurvatur lumbar lordosis* berkurang sehingga pada akhirnya mengakibatkan tekanan pada jaringan lunak. Selain itu, beban yang berat juga dapat

menyebabkan kelelahan karena dipicu peningkatan tekanan pada *discus intervertebra*⁽⁹⁾.

2) Besar dan bentuk objek

Ukuran dan bentuk objek juga ikut mempengaruhi terjadinya gangguan otot rangka. Ukuran objek harus cukup kecil agar dapat diletakkan sedikit mungkin dari tubuh. Lebar objek yang besar dapat membebani otot pundak atau bahu lebih dari 300-400 mm, panjang lebih dari 350 mm dengan ketinggian lebih dari 450 mm. Sedangkan bentuk objek yang baik harus memiliki pegangan, tidak ada sudut tajam dan tidak dingin atau panas saat diangkat. Mengangkat objek tidak boleh hanya dengan mengandalkan kekuatan jari, karena kemampuan otot jari terbatas sehingga dapat cidera pada jari⁽²⁴⁾.

d. Karakteristik lingkungan kerja

1) Cuaca kerja dan konsentrasi oksigen (O₂)

Cuaca kerja merupakan kombinasi dari komponen suhu udara, kecepatan gerakan udara, dan kelembapan udara. Komponen-komponen tersebut dapat mempengaruhi persepsi kualitas udara dalam ruangan kerja, sehingga harus selalu dijaga agar berada pada kisaran yang dapat diterima untuk kenyamanan penghuninya.

Suhu yang ekstrim akan memberikan efek fisiologis *heat stress* dan *cold stress*. Aliran darah ke bagian tubuh akan berkurang ketika suhu udara dingin. Pembuluh darah ke area yang sempit ke area sentral

temperatur tubuh akan menyebabkan tubuh kehilangan nutrisi dan oksigen. Stress fisik terjadi ketika jaringan tubuh inadkuat terhadap suplai darah yang mengandung oksigen dan nutrisi sehingga akan meningkatkan potensi terjadinya gangguan *musculoskeletal*. Bahaya yang spesifik akan terjadi pada saat suhu udara dingin dan menggunakan alat vibrasi.

Berdasarkan rekomendasi NIOSH (1984) tentang kriteria suhu nyaman, suhu udara dalam ruang yang dapat diterima adalah berkisar antara 20-24 °C (untuk musim dingin) dan 23-26 °C (untuk musim panas pada kelembapan 35-65%). Rata-rata gerakan udara dalam ruang yang ditempati tidak melebihi 0.15 m/det untuk musim dingin dan 0.25 m/det untuk musim panas. Kecepatan udara di bawah 0.07 m/det akan memberikan rasa tidak enak di badan dan rasa tidak nyaman.

Sebagai bahan pertimbangan dimana Indonesia merupakan daerah tropis yang mempunyai suhu udara lebih panas dengan kelembapan yang jauh lebih tinggi, maka rekomendasi dari NIOSH (1984) tersebut perlu dikoreksi apabila diterapkan di daerah tropis. Temperatur yang normal untuk orang Indonesia adalah 22.5-26 °C dengan kelembapan udara sebesar 40-75%⁽⁸⁾.

Oksigen merupakan komponen udara yang dapat mempengaruhi tingkat kualitas udara di dalam ruangan. Gedung-gedung yang menggunakan sarana pengatur suhu ruangan (AC) dengan sistem sirkulasi udara yang mempunyai kelemahan yaitu semakin lama

pengaliran udara akan semakin berkurang pula konsentrasinya. Hal tersebut disebabkan karena oksigen selalu dibutuhkan untuk proses pernafasan manusia. Pada kondisi normal udara mengandung oksigen sekitar 20,9%.

Standar minimum yang ditetapkan oleh NIOSH (1984) untuk ruangan tertutup dan ber-AC adalah 19.5%. Apabila konsentrasi O₂ di suatu ruangan berada pada konsentrasi di bawah kadar tersebut dapat mengakibatkan gangguan kesehatan berupa : pusing, mudah mengantuk, pernafasan menjai sesak, dan lain-lain ⁽⁸⁾.

2) Disain lingkungan kerja

Suatu lingkungan kerja dikatakan ergonomis apabila secara antropometris, faal, biomekanik, dan psikologis kompatibel dengan manusia pemakainya. Di dalam mendisain stasiun kerja maka harus berorientasi pada kebutuhan pemakainya. Kompromi untuk kesesuaian tersebut perlu mempertimbangkan antropometri dan aplikasi elemen mesin terhadap posisi kerja, jangkauan, pandangan, ruang gerak, dan *interface* antara tubuh operator dengan mesin. Di samping itu, teknik dalam mendisain stasiun kerja harus mulai dengan identifikasi variabilitas populasi pemakai yang didasarkan pada faktor-faktor seperti : etnik, jenis kelamin, umur, dan lain-lain. Pendekatan secara sistemik untuk menentukan dimensi stasiun kerja dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut ⁽⁸⁾ :

- a) Mengidentifikasi variabilitas populasi pemakai yang didasarkan pada etnik, jenis kelamin, dan umur.
- b) Mendapatkan data antropometri yang relevan dengan populasi pemakai.
- c) Dalam pengukuran antropometri perlu mempertimbangkan pakaian, sepatu, dan posisi normal.
- d) Menentukan kisaran ketinggian dari pekerjaan utama. Penyediaan kursi dan meja kerja yang dapat distel, sehingga operator dimungkinkan bekerja dengan sikap duduk maupun berdiri secara bergantian.
- e) Tata letak dari alat-alat tangan, kontrol harus dalam kisaran jangkauan optimum.
- f) Menempatkan display yang tepat sehingga operator dapat melihat objek dengan pandangan yang tepat dan nyaman.
- g) Review terhadap disain stasiun kerja secara berkala.

Kesimpulannya disain dari stasiun kerja harus menyesuaikan dengan kondisi fisik/antropometri dari pekerja. Peralatan yang digunakan juga harus menyesuaikan dengan antropometri pekerja dan terletak dalam kisaran jangkauan dari pekerja.

E. Metode Penilaian Risiko Ergonomi

1. *Baseline Risk Identification of Ergonomics Factors (BRIEF)*

Baseline Risk Identification of Ergonomics Factors (BRIEF) adalah alat penyaring awal menggunakan struktur dan bentuk sistem tingkatan untuk

mengidentifikasi penerimaan tiap tugas dalam suatu pekerjaan. BRIEF digunakan untuk menentukan sembilan bagian tubuh yang dapat berisiko terhadap terjadinya *CTD (Cumulative Trauma Disorders)* atau risiko gangguan kesehatan pada sistem rangka. Penilaian pekerjaan menggambarkan tinjauan ulang ergonomi secara mendalam dari ketiga penetapan data (sederhana, mudah dipahami, dan dapat dipercaya) dan juga yang paling memberikan beban paling berat. Bagian tubuh yang dianalisa meliputi: tangan kiri dan pergelangannya, siku kiri, bahu kiri, leher, punggung, tangan kanan dan pergelangannya, siku kanan, bahu kanan, dan kaki⁽²²⁾.

Survai ini mengidentifikasi risiko-risiko yang berhubungan dengan postur, tenaga, durasi dan frekuensi ketika mengobservasi ke-sembilan bagian tubuh tersebut. Setiap dari sembilan kategori dinilai untuk menentukan penilaian risiko. Penilaian risiko digunakan untuk menentukan tinggi, sedang, atau rendahnya risiko untuk setiap bagian tubuh. Dengan penilaian risiko, prioritas dari intervensi dapat dilakukan. Bagian terakhir dari survey adalah untuk mengenali beban-beban fisik, yang termasuk getaran, suhu dingin dan tekanan jaringan lunak⁽²²⁾.

Kelebihan *BRIEF Survey* :

- a. Dapat mengkaji hampir seluruh bagian tubuh (9 bagian tubuh)
- b. Dapat menentukan risiko terhadap terjadinya *CTD (Cumulatif Trauma Disorders)*.
- c. Dapat menentukan bagian tubuh mana yang memiliki beban paling berat.
- d. Dapat mengidentifikasi awal penyebab MSDs.

- e. *Brief survey* telah memenuhi semua persyaratan untuk menjadi sebuah sistem analisa bahaya MSDs yang diakui OSHA.
- f. Tidak membutuhkan seorang ahli ergonomi untuk melakukan penialain pekerjaan menggunakan *BRIEF survey*.

Kekurangan *BRIEF Survey* :

- a. Tidak dapat mengetahui total skor secara menyeluruh dari suatu pekerjaan. Karena skor yang dihitung berdasarkan bagian tubuh.
- b. Banyak faktor yang harus dikaji.
- c. Membutuhkan waktu pengamatan yang lebih lama.
- d. Tidak dapat digunakan untuk *manual handling*.

2. *Rapid Upper Limb Assesment (RULA)*

RULA adalah kepanjangan dari *The Rapid Upper Limb Assesment*, yakni suatu metode yang dikembangkan oleh Dr. Lym McAtamney dan Prof. E.Nigel Corlett. Keduanya adalah ahli ergonomi dari *University of Nottingham* di Inggris. RULA merupakan metode penilaian postur untuk menentukan risiko gangguan kesehatan yang disebabkan oleh bagian atas tubuh. RULA merupakan metode analisis cepat dan sistematis dari risiko postur terhadap pekerja. Analisis dapat dilakukan sebelum dan setelah dilakukan suatu intervensi untuk menggambarkan atau memperlihatkan efektivitas dari pengendalian atau intervensi yang telah dilaksanakan.

Tingkatan tindakan RULA memberikan seberapa penting seseorang pekerja membutuhkan perubahan pada saat bekerja sebagai fungsi dari tingkatan risiko cedera:

- a. Tingkat 1 → nilai RULA 1-2 yang berarti pekerja bekerja dengan postur yang tidak ada risiko cedera.
- b. Tingkat 2 → nilai RULA 3-4 yang berarti pekerja bekerja dengan postur yang dapat memberikan beberapa risiko cedera dari postur mereka saat bekerja dan nilai ini merupakan hasil yang paling sering terjadi karena hanya sebagian tubuh bekerja dengan posisi janggal, sehingga butuh diinvestigasi dan diperbaiki.
- c. Tingkat 3 → nilai RULA 5-6 yang berarti pekerja bekerja dengan postur miskin/minimum (buruk) dan mempunyai risiko cedera. Oleh karena itu butuh investigasi dan perubahan dalam waktu dekat ataupun di masa mendatang untuk mencegah terjadinya cedera.
- d. Tingkat 4 → Nilai RULA 7-8 yang berarti bahwa seseorang bekerja dengan postur yang sangat buruk, yang dapat menyebabkan terjadinya cedera dalam waktu singkat, sehingga dibutuhkan perubahan dengan segera untuk mencegah terjadinya cedera ⁽²⁵⁾.

Kelebihan dari RULA yaitu skor dari tiap-tiap posisi pada bagian tubuh tertentu dijelaskan secara detail sehingga hasilnya pun lebih valid dan reliable. Sedangkan kekurangan dari metode RULA adalah lebih menitikberatkan hanya pada tubuh bagian atas sedangkan untuk posisi kaki dan beban tidak

secara detail penilaiannya sehingga hanya dapat digunakan untuk pekerjaan posisi duduk.

3. *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) adalah cara penilaian tingkat risiko dari *repetitive motion* dengan melihat pergerakan/postur yang dilakukan oleh pekerja. Pengukuran dilakukan menggunakan *task analysis* (tahapan-tahapan kegiatan dari awal sampai akhir) ⁽²⁵⁾.

Sistem penilaian REBA digunakan untuk menghitung tingkat risiko yang dapat terjadi sehubungan dengan pekerjaan yang dapat menyebabkan MSDs dengan menampilkan serangkaian tabel-tabel untuk melakukan penilaian berdasarkan postur-postur yang terjadi dari beberapa bagian tubuh dan melihat beban atau tenaga yang dikeluarkan serta aktivitasnya. Perubahan nilai-nilai disediakan untuk setiap bagian tubuh untuk memodifikasi nilai dasar jika terjadi perubahan atau penambahan faktor risiko dari setiap pergerakan atau postur yang dilakukan.

Cara perhitungannya adalah dengan memberi nilai pada setiap postur yang terjadi, yang terdiri dari tiga group yaitu : pertama bagian leher, punggung, dan kaki; kedua bagian lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan; ketiga adalah penggabungan antara bagian pertama dan kedua. Bagian pertama dijumlahkan dengan berat beban sedangkan bagian kedua dijumlahkan dengan *coupling*, dan ketiga dijumlahkan dengan aktivitas yang

dilakukan. Setelah didapatkan hasilnya maka dapat ditentukan rekomendasi untuk tindakan pengendalian, berdasarkan atas tingkat risiko yang terjadi ⁽²⁵⁾.

Kelebihan dari metode REBA adalah :

- a. Merupakan metode yang cepat untuk menganalisa postur tubuh pada suatu pekerjaan yang dapat menyebabkan risiko ergonomi.
- b. Mengidentifikasi faktor-faktor risiko dalam pekerjaan (kombinasi efek dari otot dan usaha, postur tubuh dalam pekerjaan, gengaman/*grip* peralatan kerja, pekerjaan statis atau berulang-ulang).
- c. Dapat digunakan untuk postur tubuh yang stabil maupun yang tidak stabil.
- d. Skor akhir dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah, untuk menentukan prioritas penyelidikan dan perubahan yang perlu dilakukan.
- e. Fasilitas kerja dan metode kerja yang lebih baik dapat dilakukan ditinjau dari analisa yang telah dilakukan.

Sedangkan kekurangan dari metode ini adalah :

- a. Hanya menilai aspek postur dari pekerja.
- b. Tidak mempertimbangkan kondisi yang dialami oleh pekerja terutama yang berkaitan dengan faktor psikososial.
- c. Tidak menilai kondisi lingkungan kerja terutama yang berkaitan dengan vibrasi, temperatur dan jarak pandang.

4. *Quick Exposure Check* (QEC)

a. Pengertian

Quick Exposure Check (QEC) adalah suatu metode untuk penilaian secara cepat pajanan dari risiko-risiko terjadinya *work-related musculoskeletal disorders* (WMSDs) (Li and Buckle, 1999a). QEC dibuat berdasarkan kebutuhan dari kebutuhan praktisi dan peneliti dalam penilaian risiko WMSDs.

b. Tujuan dari penggunaan QEC antara lain :

- 1) Mengukur perubahan postur terhadap faktor risiko musculoskeletal sebelum dan sesudah intervensi ergonomi.
- 2) Melibatkan kedua pihak yakni praktisi (*observer*) dan pekerja dalam melaksanakan penilaian risiko dan mengidentifikasi kemungkinan perubahan.
- 3) Mendorong peningkatan kualitas tempat kerja.
- 4) Meningkatkan kepedulian dan kesadaran pada manajer, teknisi, *designers*, praktisi K3, dan pekerja mengenai faktor risiko MSDs di tempat kerja.
- 5) Membandingkan pajanan antar karyawan di dalam satu pekerjaan, ataupun antar karyawan dengan pekerjaan berbeda.

c. Tahapan *Quick Exposure Check* (QEC)

QEC menggunakan empat tahapan kerja, yakni :

1) Pengukuran oleh peneliti (*observer's assesment*)

Peneliti (*observer*) memiliki form isian tersendiri yang dapat diisi melalui pengamatan kerja di lapangan. Sebagai alat bantu, dapat menggunakan stopwatch guna menghitung durasi dan frekuensi kerja. Berikut contoh form bagi peneliti (*observer*)⁽²⁵⁾.

| Job title: | Task: | Assessment conducted by: | Worker's name: | Date: | Time: |
|---|-------|--------------------------|---|-------|-------|
| <p style="text-align: center;">Back</p> <ul style="list-style-type: none">● <u>When performing the task, is the back</u> A1: almost neutral? A2: moderately flexed or twisted or side bent? A3: excessively flexed or twisted or side bent?● For manual handling tasks only: <u>Is the movement of the back</u> - B1: infrequent? (Around 3 times per minute or less) B2: frequent? (Around 8 times per minute) B3: very frequent? (Around 12 times per minute or more)● Other tasks: <u>Is the task performed in static postures most of the time?</u> (either seated or standing) B4: No. B5: Yes. | | | <p style="text-align: center;">Wrist/Hand</p> <ul style="list-style-type: none">● <u>Is the task performed</u> E1: with almost a straight wrist? E2: with a deviated or bent wrist position?● <u>Is the task performed with similar repeated motion patterns</u> F1: 10 times per minute or less? F2: 11 to 20 times per minute? F3: More than 20 times per minute? | | |
| <p style="text-align: center;">Shoulder/arm</p> <ul style="list-style-type: none">● <u>Is the task performed</u> C1: at or below waist height? C2: at about chest height? C3: at or above shoulder height?● <u>Is the arm movement repeated</u> D1: infrequently? (Some intermittent arm movement) D2: frequently? (Regular arm movement with some pauses) D3: very frequently? (Almost continuous arm movement) | | | <p style="text-align: center;">Neck</p> <ul style="list-style-type: none">● <u>When performing the task, is the head/neck bent or twisted excessively?</u> G1: No G2: Yes, occasionally G3: Yes, continuously | | |

Gambar 2.12. Observer's Assesment Checklist

2) Pengukuran oleh pekerja (*worker's assesment*)

Seperti halnya peneliti (*observer*), pekerja pun memiliki form isian sendiri, yang berisi pertanyaan seputar pekerjaan yang dilakukan, seperti di bawah ini⁽²⁵⁾.

Questions to be answered by the worker

Name:

Job title:

Date:

● **What is the maximum weight handled in this task?**

- a1: Light (5 kg or less)
- a2: Moderate (6 to 10 kg)
- a3: Heavy (11 to 20 kg)
- a4: Very heavy (More than 20 kg)

● **How much time on average do you spend per day doing this task?**

- b1: less than 2 hours
- b2: 2 to 4 hours
- b3: more than 4 hours

● **When performing this task (single or double handed), what is the maximum force level exerted by one hand?**

- c1: Low (eg. Less than 1 kg)
- c2: Medium (eg. 1 to 4 kg)
- c3: High (eg. More than 4 kg)

● **Do you experience any vibration during work?**

- d1: Low (or no)
- d2: Medium
- d3: High

● **Is the visual demand of this task -**

- e1: Low? (There is almost no need to view fine details)
- e2: High? (There is a need to view some fine details)

● **Do you have difficulty keeping up with this work?**

- f1: Never
- f2: Sometimes
- f3: Often

● **How stressful do you find this work?**

- g1: Not at all
- g2: Low
- g3: Medium
- g4: High

Gambar 2.13. Worker's Assesment Checklist

3) Mengkalkulasi skor pajanan

Proses kalkulasi dapat dilakukan melalui dua cara, yakni manual (dengan menjumlahkan skor pada lembar isian), ataupun dengan program komputer yang dapat di-download di www.geocities.com/qecuk.

4) Consideration of action

QEC secara cepat mengidentifikasi tingkat pajanan dari punggung, bahu/lengan tangan, pergelangan tangan/tangan, dan leher. Hasil dari metode ini juga merekomendasikan intervensi ergonomi yang efektif untuk mengurangi tingkat pajanan, seperti tabel di bawah :

Tabel 2.4. *Preliminary Action Tingkat for the QEC*

| QEC Score (E) (percentage total) | Action | Aquivalent RULA Score |
|--|--|-----------------------|
| ≤40% | acceptable | 1-2 |
| 41-50% | investigate further | 3-4 |
| 51-70% | investigate further and change soon | 5-6 |
| >70% | investigate and change immediately | 7+ |

* Tingkat pajanan (E) diperoleh dari pembagian skor total dengan skor maksimum (sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, dimana X_{\max} untuk aktivitas *manual handling*, $X_{\max\text{MH}} = 176$, untuk aktivitas selain itu, $X_{\max} = 162$). Seperti rumus di bawah :

$$E (\%) = X / X_{\max} \times 100\%$$

d. Kelebihan dan kekurangan *Quick Exposure Check* (QEC)

1) Kelebihan

- Mencakup sebagian besar faktor risiko dan interaksinya.
- Tingkat sensitifitas dan Penggunaan yang baik.
- Tingkat keandalan yang baik (inter dan intra pengamat).
- Mudah dipelajari dan mudah digunakan.

2) Kekurangan

- Hanya fokus pada pajanan fisik.

e. Reliabilitas dan Validitas *Quick Exposure Check (QEC)*

1) Reliabilitas *Quick Exposure Check (QEC)*

Reliabilitas *Quick Exposure Check (QEC)* telah diuji pada program pengembangan *Quick Exposure Check (QEC)* dan dinyatakan bahwa *Quick Exposure Check (QEC)* dapat diterima dan disetujui kereliabilitasnya oleh para peneliti ergonomi.

Reliabilitas *Quick Exposure Check (QEC)* telah diselidiki oleh 6 orang yang telah diberi pelatihan tentang *Quick Exposure Check (QEC)* dengan cara melakukan penilaian pajanan ergonomic pada 3 jenis pekerjaan dengan menggunakan *Quick Exposure Check (QEC)*, dan jenis pekerjaan yang diteliti yaitu:

- Pekerjaan berat : Membersihkan lantai dengan mesin poles.
- Pekerjaan ringan : Mempipet pada pekerja laboratorium.
- Pekerjaan rutin : Mengetik

7 hari sebelum penelitian, para pekerja yang diteliti dipastikan terbebas dari nyeri dan ketidaknyamanan tulang rangka. Para pekerja yang diteliti melakukan pekerjaan 6 kali selama periode 3 hari dan setiap pekerjaan yang dilakukan direkam selama 10 menit untuk penilaian. Setelah mendapat hasil dari para peneliti tentang ketiga pekerjaan tersebut maka digunakan *koefisien kendall* untuk menilai skor penilaian dari keenam peneliti tersebut. Akhirnya didapat hasil bahwa tingkat reliabilitas *Quick Exposure Check (QEC)* berada di level cukup sampai baik. Dan dinyatakan pula bahwa alat penilaian ini

berguna dan dapat digunakan untuk menilai tingkat paparan ergonomi di tempat kerja ⁽²⁶⁾.

2) Validitas *Quick Exposure Check* (QEC)

Validitas *Quick Exposure Check* (QEC) sudah diuji per bagian anggota tubuh (punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan/tangan dan leher) di tempat kerja pada pengembangan *Quick Exposure Check* (QEC). Pengujian Validitas dilakukan pada 3 pabrik yaitu:

- Pabrik percetakan → pekerjaan yang dinilai adalah *manual handling*, pekerjaan *part supplier*, bekerja menggunakan komputer.
- Pabrik perakitan mobil → pekerjaan yang dinilai adalah *manual handling* pada perakitan mobil.
- Pabrik kimia → pekerjaan yang diteliti adalah menumpukkan kardus ke mobil pengangkut, mengepak produk ke dalam kardus.

Pekerjaan-pekerjaan diatas dinilai oleh 2 praktisi, praktisi pertama dari pabrik yang bersangkutan dan praktisi berikutnya dari staff ahli *Quick Exposure Check* (QEC). Mereka menilai menggunakan video. Setelah skor *Quick Exposure Check* (QEC) diisi oleh para praktisi lalu nilai pada skor *Quick Exposure Check* (QEC) diuji dengan menggunakan koefisien korelasi (*spearman's rho*), maka didapatkan nilai :

| SCALE | MEAN |
|----------------------------|------|
| Kemudahan penggunaan | 6.2 |
| Untuk menilai tempat kerja | 5.8 |
| Value at work | 6.0 |

Tabel 2. 5. Hasil penilaian validitas *Quick Exposure Check* (QEC)

Keterangan : 1 → Sangat rendah

7 → Sangat tinggi

Maka dapat disimpulkan bahwa validitas *Quick Exposure Check* (QEC) cukup baik dan dapat diindikasikan bahwa *Quick Exposure Check* (QEC) merupakan alat yang berguna dan dapat digunakan untuk menilai tingkat paparan ergonomi di tempat kerja ⁽²⁶⁾.

e. Alasan Pemilihan Metode *Quick Exposure Check* (QEC)

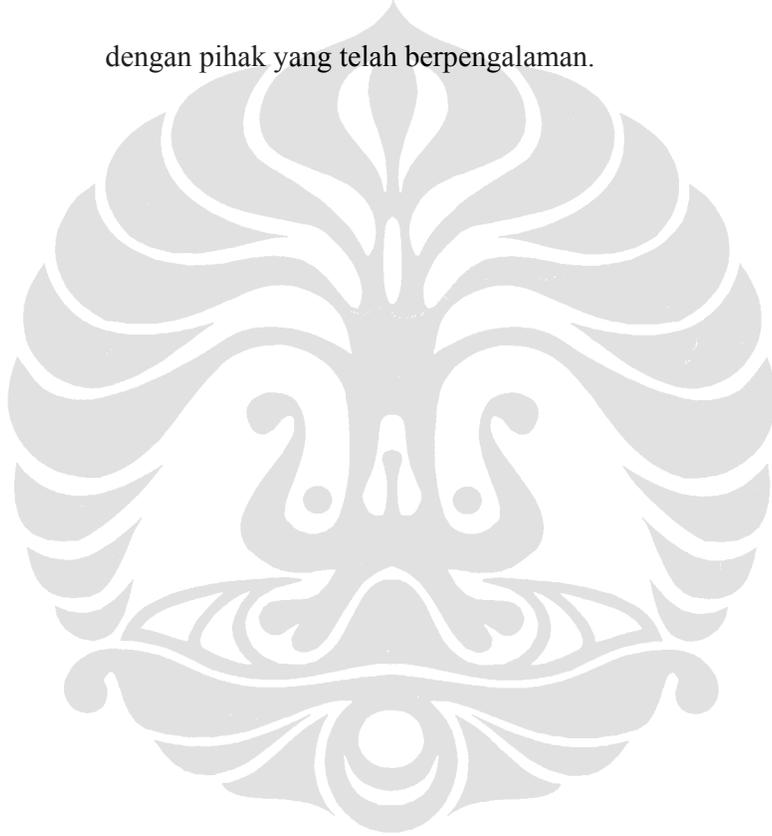
Peneliti memilih QEC sebagai alat ukur di dalam menganalisis faktor risiko di dalam penelitian ini dikarenakan, dari sekian banyak metode, QEC memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut :

- 1) Dapat digunakan untuk sebagian besar faktor risiko fisik dari MSDs
- 2) Mempertimbangkan kebutuhan peneliti dan bisa digunakan oleh peneliti yang tidak berpengalaman.
- 3) Mempertimbangkan kombinasi dan interaksi berbagai faktor risiko di tempat kerja (*multiple risk factors*), baik yang bersifat fisik maupun psikososial.
- 4) Mempertimbangkan kondisi yang dialami oleh pekerja dengan adanya *form* isian bagi pekerja, sehingga dapat memperkecil bias dari penilaian subjektif *observer*.
- 5) Mudah dipelajari dan efektif untuk digunakan.

Walaupun demikian, metode ini tidak luput dari kekurangan, seperti di bawah ini:

- 1) Metode hanya fokus pada faktor fisik tempat kerja.
- 2) Pelatihan dan praktek tambahan diperlukan oleh pengguna yang belum berpengalaman untuk pengembangan realibilitas pengukuran.

Namun berbagai kekurangan tersebut dapat diminimalisir dengan adanya analisa keluhan *musculoskeletal* melalui kuesioner dan melakukan diskusi dengan pihak yang telah berpengalaman.



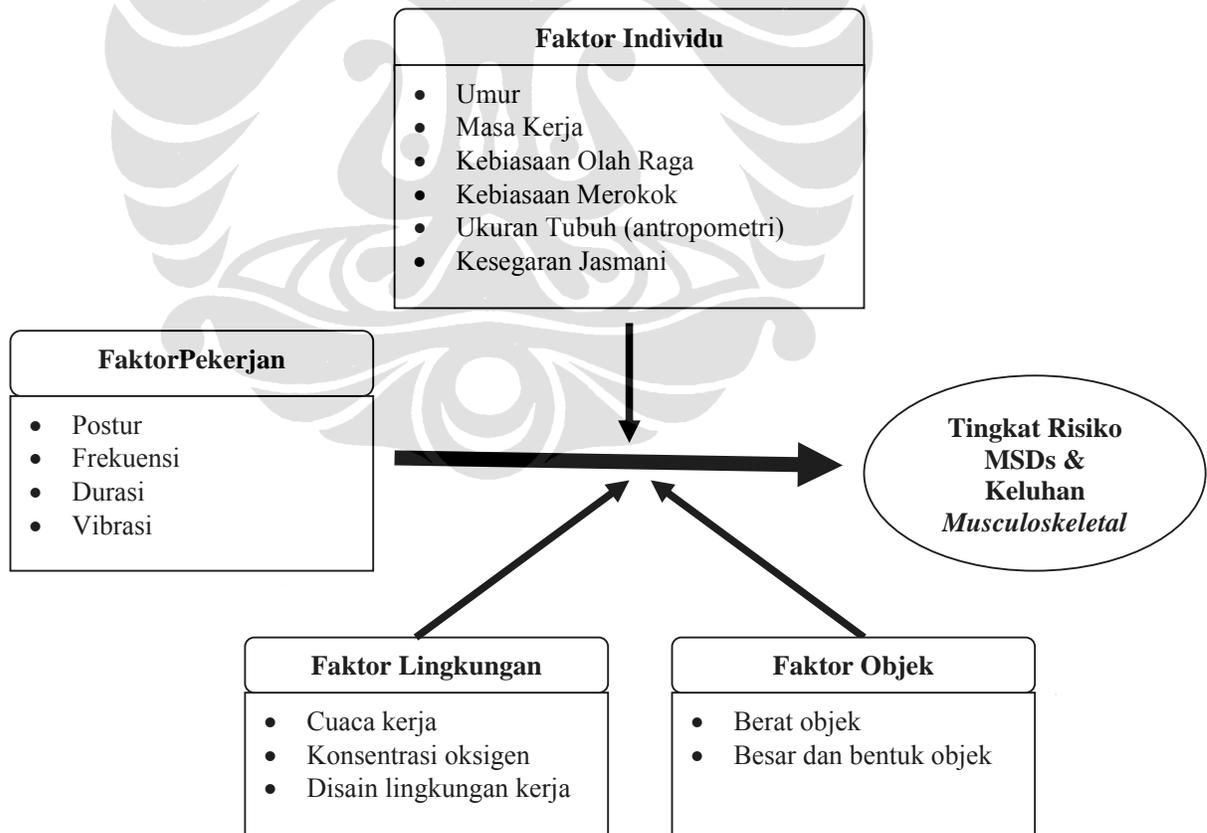
BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP

DAN DEFINISI OPERASIONAL

A. Kerangka Teori

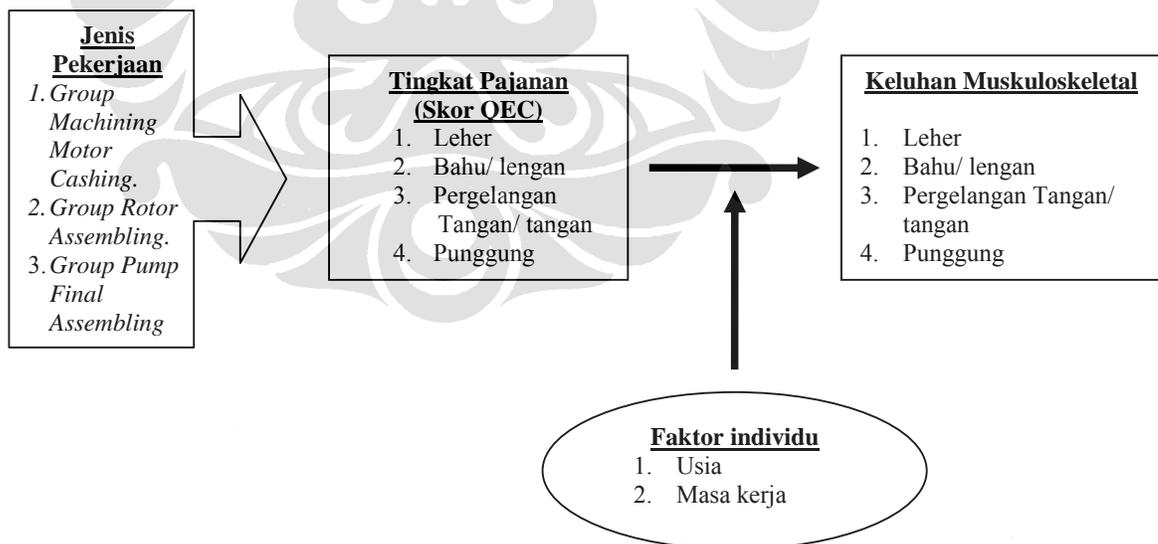
Berdasarkan uraian pada Bab 2, maka secara garis besar faktor-faktor risiko yang terdapat pada aktifitas *manual handling* terkait MSDs dan terjadinya keluhan *musculoskeletal* dapat diklasifikasikan menjadi: faktor pekerjaan (*task characteristic*), faktor individu, faktor objek (*material/object characteristic*), serta faktor lingkungan kerja (*work place characteristic*)^(6, 8).



Gambar 3.1. Kerangka Teori

B. Kerangka Konsep

Faktor- faktor risiko pekerjaan yang menjadi fokus pada survai ini yaitu : postur, durasi, frekuensi, dan getaran. Faktor personal/ individu berupa usia dan masa kerja turut menjadi objek penelitian untuk melihat tingkat keluhan terkait ergonomi karena usia dan lama kerja merupakan faktor yang mempengaruhi secara langsung terhadap ketahanan otot dan *musculoskeletal*, selain itu menurut penelitian terdahulu faktor individu usia dan masa kerja memiliki hubungan yang signifikan terhadap terjadinya keluhan *musculoskeletal* dibandingkan dengan faktor individu yang lain. Selain itu keluhan *musculoskeletal* juga akan dibahas pada survai ini. *Tools* yang digunakan di dalam survai ini adalah *Quick Exposure Check* (QEC). Semua variabel-variabel tersebut dituangkan dalam kerangka konsep sebagai berikut:



Gambar 3.2. Kerangka Konsep

C. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah definisi yang menjelaskan variable-variabel yang menjadi unsur penting dalam melakukan penelitian. Definisi ini menjelaskan secara jelas pengertian dari tiap-tiap variabel dengan maksud agar pembaca dapat mengerti dan mengetahui maksudnya.

Tabel 3.1. Definisi Operasional

| No | Variabel | Definisi Operasional | Cara Ukur | Skala Ukur | Alat Ukur | Hasil Ukur/Kategori |
|----|----------------|---|-----------|------------|-----------|---|
| 1 | Postur janggal | Sikap atau posisi yang menyimpang secara signifikan terhadap posisi normal (dalam posisi ekstrim atau sudut ekstrim) saat melakukan pekerjaan | Observasi | Ordinal | QEC | <u>Leher</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Leher tidak berputar/ menunduk/ menengadah ▪ Leher berputar/ menunduk/ menengadah kadang-kadang ▪ Leher berputar/ menunduk/ menengadah terus-menerus <u>Punggung</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Almost netral</i> : punggung berputar/membungkuk <20°. ▪ <i>Moderately flexed or twisted</i> : |

| | | | | | | |
|---|-----------|---|----------|---------|-----|---|
| | | | | | | <p>punggung berputar/membungkuk 20 ° - 60 °.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Excessively twisted or twisted</i> : punggung berputar/membungkuk > 60 ° (mendekati 90 °). <p><u>Bahu / Lengan Tangan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bekerja dengan tangan berada di bawah pinggang ▪ Bekerja dengan tangan setinggi dada ▪ Bekerja dengan tangan di atas bahu <p><u>Pergelangan Tangan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pergelangan tangan lurus ▪ Pergelangan tangan membengkok |
| 2 | Frekuensi | Banyaknya siklus gerakan dengan postur janggal per satuan menit, termasuk gerakan | Obervasi | Ordinal | QEC | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Infrequent (jika gerakan dilakukan ≤ 3 kali/menit) ▪ Frequent (jika gerakan dilakukan |

| | | | | | | |
|----|------------|--|-----------|---------|-------------|--|
| | | repetitif | | | | 8 kali/menit) <ul style="list-style-type: none"> Very frequent (jika gerakan dilakukan ≥ 12 kali/menit) |
| 3. | Durasi | Lamanya waktu yang digunakan Observasi saat melakukan gerakan statik dalam postur janggal | Obervasi | Ordinal | QEC | <ul style="list-style-type: none"> Melakukan pekerjaan kurang dari 2 jam. Melakukan pekerjaan 2-4 jam Melakukan pekerjaan lebih dari 4 jam. |
| 4 | Vibrasi | Lamanya pekerja menggunakan alat yang memiliki getaran ritmik atau acak dengan media padat yang saling kontak. | Obervasi | Ordinal | QEC | <ul style="list-style-type: none"> Kurang dari 1 jam/hari atau tidak pernah Antara 1-4 jam/hari Lebih dari 4 jam/hari |
| 5 | Umur | Umur responden yang dihitung dari Kuesioner tanggal lahir sampai saat dilakukannya penelitian ini. | Quesioner | Ordinal | Data Primer | <ul style="list-style-type: none"> 16 – 30 tahun 31 – 50 tahun Lebih dari 50 tahun |
| 6 | Masa kerja | Waktu kerja responden terhitung mulai pertama kerja di <i>group</i> yang diteliti sampai dengan | Quesioner | Ordinal | Data Primer | <ul style="list-style-type: none"> 0 – 5 tahun 6 – 10 tahun Lebih dari 11 tahun |

| | | | | | | |
|---|--------------------------------|--|-----------------------|---------|-------------|---|
| | | waktu dilakukannya penelitian | | | | |
| 7 | Tingkat pajanan ergonomi | Nilai pajanan yang dialami tubuh diperoleh dari total nilai pajanan responden menurut tabel nilai pajanan (referensi) pada metode QEC. | Kalkulasi dan skoring | Ordinal | QEC | <p>a. Untuk punggung, bahu/lengan tangan, dan pergelangan tangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 10-20 : Rendah ▪ 21-30 : Sedang ▪ 31-40 : Tinggi ▪ 41-46 : Sangat Tinggi <p>b. Untuk leher :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 4-6 : Rendah ▪ 8-10 : Sedang ▪ 12-14 : Tinggi ▪ 16-18 : Sangat Tinggi |
| 8 | Keluhan <i>Musculoskeletal</i> | Perasaan tidak nyaman pada otot dan tulang berupa nyeri, pegal-pegal, mati rasa, dan lain sebagainya | Quesioner | Nominal | Data Primer | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ya ▪ Tidak |

D. Hipotesis

1. Ho = Tidak ada hubungan antara tingkat pajanan punggung dengan keluhan *musculoskeletal* pada punggung.
Ha = Ada hubungan antara tingkat pajanan punggung dengan keluhan *musculoskeletal* pada punggung.
2. Ho = Tidak ada hubungan antara tingkat pajanan bahu/lengan dengan keluhan *musculoskeletal* pada bahu
Ha = Ada hubungan antara tingkat pajanan bahu/lengan dengan keluhan *musculoskeletal* pada bahu.
3. Ho = Tidak ada hubungan antara tingkat pajanan bahu/lengan dengan keluhan *musculoskeletal* pada lengan
Ha = Ada hubungan antara tingkat pajanan bahu/lengan dengan keluhan *musculoskeletal* pada lengan.
4. Ho = Tidak ada hubungan antara tingkat pajanan pergelangan tangan/tangan dengan keluhan *musculoskeletal* pada pergelangan tangan
Ha = Ada hubungan antara tingkat pajanan pergelangan tangan/tangan dengan keluhan *musculoskeletal* pada pergelangan tangan .
5. Ho = Tidak ada hubungan antara tingkat pajanan pergelangan tangan/tangan dengan keluhan *musculoskeletal* pada tangan
Ha = Ada hubungan antara tingkat pajanan pergelangan tangan/tangan dengan keluhan *musculoskeletal* pada tangan

6. Ho = Tidak ada hubungan antara tingkat pajanan leher dengan keluhan *musculoskeletal* pada leher

Ha = Ada hubungan antara tingkat pajanan leher dengan keluhan *musculoskeletal* pada leher

