

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metode dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian. Selain itu akan dijelaskan penelitian-penelitian terdahulu sebagai pembanding dengan penelitian sekarang.

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian yang dilaksanakan, diperlukan dasar – dasar ilmiah yang berhubungan dengan konsep – konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian. Berikut ini adalah dasar – dasar yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan penelitian.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Para peneliti terdahulu lebih banyak melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengurangi keluhan *muskuloskeletal disorder*, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Lammalif *et al* (2015), Marseti *et al* (2015), Dirawidya *et al* (2015), dan Contreras (2017) tentang analisis beban kerja dan postur kerja maupun perancangan postur kerja dan alat bantu dengan menggunakan metode-metode postur kerja yang bervariasi. Berikut merupakan penelitian yang menjadi referensi dari penelitian ini.

1. Lammalif *et al* (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis potensi cedera yang menyebabkan *musculoskeletal disorder* (MSD's). Untuk penelitian ini peneliti melakukan analisis potensi cedera menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA), *Rapid Entire Body Assesment* (REBA), dan *Liberty Mutual Tables* untuk mengetahui tingkat potensi cedera yang dialami oleh pekerja *manual material handling* (MMH). Hasil analisis RULA sebelum dan sesudah menggunakan desain alat bantu, potensi cedera pada tubuh operator bagian atas mengalami penurunan, pada saat mengangkat setelah menggunakan desain alat bantu diperoleh skor RULA akhir 4, dan pada saat meletakkan setelah menggunakan alat bantu skor akhir RULA menjadi 3. Selanjutnya untuk REBA saat operator 1 melakukan aktivitas mengangkat didapatkan skor 3, dan pada aktivitas meletakkan dengan menggunakan alat bantu didapatkan skor 2, semakin rendah nilai RULA dan REBA maka semakin rendah pula potensi cedera yang dialami. Hasil metode selanjutnya *Liberty Mutual Tables* didapatkan kenaikan persentase setelah menggunakan alat bantu pada aktivitas penerimaan menjadi 79%,

aktivitas membawa menjadi $\geq 90\%$, dan untuk aktivitas penerimaan menjadi $\geq 90\%$, semakin besar nilai persentasenya maka semakin besar pula tugas tersebut dapat diterima oleh pekerja.

2. Marseti *et al* (2015) melakukan penelitian yang menyangkut beban kerja fisik operator saat melakukan proses pengangkatan unit GEK. Peneliti menggunakan *Nordic Body Map* (NBM) merupakan metode yang dapat memberikan gambaran mengenai beban kerja melalui keluhan sakit dan ketidaknyamanan yang dirasakan oleh operator saat melakukan proses pengangkatan unit GEK. Dalam penelitiannya metode utama yang digunakan adalah *Casdiovascular load* (CVL) dan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), selain itu peneliti juga menggunakan NBM untuk mengetahui keluhan sakit pada tubuh operator dan menggunakan *software* CATIA untuk merancang desain alat bantu. Berdasarkan perhitungan denyut nadi/jantung, seluruh aktivitas memiliki nilai $\%CVL > 30\%$, yang berarti melebihi batas risiko kelelahan, hal ini disebabkan karena pembebanan yang diterima operator terlalu tinggi. Kemudian untuk hasil analisis REBA didapatkan skor 11 yang berarti postur kerja memiliki nilai risiko yang tinggi. Kemudian peneliti memberikan rekomendasi perbaikan berupa usulan perancangan alat bantu pada 3 stasiun kerja yang melakukan proses pengangkatan unit GEK. Perbaikan desain alat bantu meja perakitan, meja *testing*, dan *scissor lift table* disesuaikan dengan kebutuhan operator. Hasil pengujian setelah perbaikan menunjukkan nilai risiko cedera proses pengangkatan menurun dari 11 menjadi 5, proses membawa dari 11 menjadi 3, dan proses pemindahan dari 12 menjadi 7. Penurunan level risiko terjadi karena adanya perubahan postur kerja yang disebabkan oleh desain alat bantu yang lebih ergonomis sehingga memungkinkan operator dapat bekerja dengan postur tubuh yang lebih baik dan nyaman.
3. Dirawidya *et al* (2015) melakukan perancangan postur kerja dan alat bantu pada proses *scarfing* untuk mengurangi keluhan yang dirasakan pekerja. Untuk penelitian ini peneliti menggunakan *Nordic Body Map* (NBM) yang bertujuan mengetahui keluhan pada tubuh operator, dari hasil NBM didapatkan keluhan pada bagian tangan dan punggung pekerja. Pada proses pengolahan data peneliti melakukan perhitungan data eksisting, pemberian saran perbaikan, perhitungan kondisi setelah perbaikan. Metode yang digunakan pada saat perhitungan data eksisting adalah biomekanika dan OWAS. Hasil dari pengolahan data eksisting didapatkan nilai dari gaya pada punggung adalah 1946N dan nilai momen pada punggung pekerja adalah 934,5 Nm. Dan berdasarkan pada perhitungan postur kerja dengan metode OWAS didapatkan nilai total skor pekerja

adalah 4 yang artinya postur tersebut memerlukan perbaikan sekarang juga. Dalam rekomendasi perbaikan peneliti memberikan saran berupa alat bantu 1, alat bantu 2, dan saran postu kerja. Setelah diberikan saran perbaikan terjadi penurunan nilai gaya pada punggung pekerja sebesar 1687 N sehingga gaya pada punggung menjadi 259 N, sedangkan nilai momen pada punggung mengalami penurunan sebesar 884,9 Nm sehingga nilai momen menjadi 49,6 Nm. Dan saran untuk postur kerja adalah punggung yang tidak membungkuk.

4. Contreras (2017) dalam studi kasus dikembangkan dalam proses pembuatan karton bergelombang. Sistem kerja terdiri dari empat tempat kerja. Masing – masing tempat kerja menggunakan sstem semi otomatis lama tanpa sistem pengumpanan dan pembuangan. Ada tugas lain seperti menerima, memilih, bergerak, dan menyimpan karton. Termasuk operator dan asisten operator. Waktu produksi dibagi dalam tiga shift setiap shift terdiri dari delapan jam kerja. Terdapat 20 operator tiap shift di setiap pekerjaan semi otomatis, semua pekerja bekerja dalam postur berdiri dengan waktu satu shift penuh tanpa adanya waktu untuk istirahat. Pada akhirnya pekerja melakukan proses downloading dimana pekerja melakukan mengangkat, mendorong, dan menarik paket kardus untuk di letakkan pada palet. Pekerja yang lain melakukan pekerjaan lain seperti *feeding* dan *packing*, akibat melebihi batas pemaparan yang diterima oleh operator, departemen kesehatan kerja dari perusahaan melaporkan : 94 kasus antara kecelakaan dan penyakit yang terjadi pada tahun 2014, dan 142 kejadian terjadi selama tahun 2015. Sakit yang diterima pekerja seperti nyeri punggung, nyeri sendi, osteoarthritis lutut, chonromromalacia, keseleo, patah tulang. Kemudian peneliti mengidentifikasi risiko ergonomi dan lingkungan fisik di area produksi dengan menggunakan metode *ergonomic hazards mapping system* (EHMS). Peneliti membuat skema ergonomi mapping, yang menunjukkan lokasi menyeluruh dari munculnya bahaya di lokasi kerja, begitu juga bagian tubuh yang sakit atau terkena dampak saat pekerja melakukan tugas. Hasil yang diperoleh memberikan gambaran terbaik untuk mengidentifikasi dimana dan mengapa risiko tersebut muncul. Kini, tanggung jawab perusahaan untuk mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencegah dan mengurangi faktor risiko ergonomi yang mempengaruhi pekerja.

2.1.2 Penelitian Saat Ini

Penelitian saat ini dilakukan di sebuah industri pupuk PT. Petrokimia Gresik dengan tujuan melakukan analisis *ergonomic risk factors*, sehingga dapat mendeteksi gangguan

musculoskeletal dan membuat *mapping* bagian pengantongan pupuk ZA I/III PT. Petrokimia Gresik.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini

Penulis (tahun)	Metode	Tools	Tujuan Penelitian
Lammalif <i>et al</i> (2015)	RULA, REBA, Mutual Liberty Tables	CATIA	Perbaikan postur kerja dan perancangan desain alat bantu pada pekerja MMH untuk mengurangi potensi cedera pada tubuh.
Marseti <i>et al</i> (2015)	CVL, REBA	CATIA	Perbaikan postur kerja dengan memberikan berupa perancangan desain alat bantu untuk mengurangi pembebanan pada operator
Dirawidya <i>et al</i> (2015)	<i>Nordic Body Map</i> , OWAS, Biomekanika, Anthropometri	<i>Mannequin Pro</i>	Perbaikan postur kerja dan desain alat bantu pengangkatan mesin <i>scrafing</i> untuk mengurangi beban kerja yang diangkat pekerja dan mengurangi risiko MSD's
Contreras (2017)	<i>Ergonomic Hazards Mapping System</i> (EHMS), PLIBEL		Merancang <i>mapping</i> yang berisikan informasi faktor risiko ergonomi yang mempengaruhi pekerja disetiap lokasi kerja.
Penelitian saat ini (2017)	<i>Ergonomic Hazards Mapping System</i> (EHMS), REBA	CATIA	Melakukan analisis faktor risiko ergonomi yang terdapat pada bagian pengantongan dan membuat skema yang merepresentasikan gambar tata letak secara menyeluruh dan berhubungan dengan ERF

2.2 Ergonomi

Pada sub – bab ini akan dijelaskan dasar – dasar tentang ergonomi yang berhubungan dengan konsep permasalahan dalam penelitian diantaranya pengertian ergonomi, konsep dasar ergonomi, ruang lingkup ergonomi, klasifikasi ergonomi, dan faktor risiko ergonomi. Berikut dasar – dasar ergonomi yang digunakan oleh peneliti dalam penyusunan penelitian.

2.2.1 Pengertian Ergonomi

Ergonomi atau *ergonomics* (bahasa inggrisnya) berasal dari kata yunani yaitu *ergos* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti hukum. Dengan demikian ergonomi dimaksud sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya (Wignjosoebroto, 2000:54). Didalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya.

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) ataupun rancang ulang (re-desain). Hal ini dapat meliputi perangkat keras seperti misalnya perkakas kerja (*tools*), bangku kerja (*benches*), platform, kursi, pegangan alat kerja

(*workholders*) sistem pengendali (*control*), alat peraga (*displays*), jalan/lorong (*access ways*), pintu (*doors*), jendela (*windows*), dan lain-lain. (Nurmianto, 2003:1).

Maksud dari tujuan dari disiplin ergonomi adalah mendapatkan suatu pengetahuan yang utuh tentang permasalahan-permasalahan interaksi manusia dengan teknologi dan produk-produknya, sehingga dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia-manusia (teknologi) yang optimal. Tujuan pokok ergonomi adalah terciptanya desain sistem manusia – mesin yang terpadu sehingga efektifitas dan efisiensi kerja bisa tercapai.

2.2.2 Konsep Dasar Ergonomi

Bridger (2009), menyatakan bahwa ergonomi merupakan sebuah konsep, ide dan cara pandang mengenai interaksi manusia, khususnya pekerja dengan semua aspek kerjanya, seperti lingkungan, peralatan, dan kondisi kerja untuk menjalin terjadinya interaksi yang optimal. Menurutnya terdapat tiga komponen utama dalam sebuah sistem ergonomi, yaitu manusia, peralatan, dan lingkungan kerjanya. Ergonomi juga berfokus pada interaksi antara manusia dengan mesin serta lingkungan kerjanya (bridger, 2009)

Dari sebuah sistem terdiri dari satu manusia, satu mesin, dan satu lingkungan, terdapat enam kemungkinan interaksi yang terjadi. Adapun interaksi tersebut yaitu, interaksi antara *human* terhadap *machine* (H>M), *human* terhadap *environment* (H>E), *machine* terhadap *human* (M>H), *machine* terhadap *environment* (M>E), *environment* terhadap *human* (E>H), dan *environment* terhadap *machine* (E>M). Penjelasan kemungkinan interaksi yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2
Interaksi Dasar dan Evaluasinya dalam Sebuah Sistem Kerja

Interaksi	Evaluasi
H>M Tindakan pengendalian dasar dilakukan oleh manusia yang menggunakan mesin, misalnya penanganan material, <i>maintenance</i> dan sebagainya.	<ul style="list-style-type: none"> Dengan evaluasi anatomi (postur dan pergerakan tubuh, besarnya kekuatan, waktu dan banyaknya frekuensi pergerakan dan kelelahan otot). Fisiologi (<i>work rate</i>, yaitu konsumsi dan detak jantung, kebugaran dan kelelahan fisiologi). Psikologis (<i>skill</i> yang dibutuhkan, beban mental, proses informasi yang paralel atau <i>sequencial</i>)
H>E Efek manusia dalam suatu lingkungan, dimana manusia menghasilkan panas, kebisingan, CO ₂ , dan sebagainya.	Fisik (pengukuran lingkungan kerja yang objektif dengan implikasi berupa pemenuhan standart yang berlaku)
M>E	Perbaikan dilakukan oleh pihak perusahaan, dengan mengubah tataletak

Interaksi	Evaluasi
Mesin dapat merubah lingkungan kerja dengan menghasilkan kebisingan, panas, maupun gas – gas hasil buang yang berbahaya.	fasilitas sehingga dapat menurunkan faktor – faktor permasalahan yang ada.
M>H Dalam hal ini mesin dapat memberikan efek samping terhadap manusia atau operator seperti, getaran dan akselerasi yang dihasilkan. Permukaan mesin yang panas atau dingin dapat mempengaruhi kondisi kesehatan pekerja.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluasi menggunakan evaluasi anatomi (desain control dan peralatan) • Fisik (pengukuran getaran yang dihasilkan, kekuatan mesin, kebisingan, dan temperature di area kerja secara objektif). • Fisiologis (penerapan prinsip pengelompokan desain panel dan display grafis)
E>H Dalam hal ini lingkungan dapat mempengaruhi kemampuan manusia untuk berinteraksi dengan mesin ataupun sistem kerja, seperti kebisingan, panas, dan sebagainya.	Evaluasi dengan fisik atau fisiologi (kebisingan, pencahayaan, temperatur, dan fasilitas yang ada)
E>M Dalam hal ini lingkungan dapat mempengaruhi fungsi dari mesin itu sendiri , seperti menyebabkan kelebihan panas (<i>overheating</i>) maupun pembekuan komponen pada mesin itu sendiri.	Dilakukan oleh manajemen fasilitas yang menangani permasalahan untuk <i>maintenance</i> .

Sumber: Bridger (2009)

2.2.3 Ruang Lingkup Ergonomi

Menurut Tarwaka (2007) Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara fasilitas (beraktivitas/istirahat) dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik/mental sehingga kualitas hidup menjadi lebih baik. *International Ergonomics Association* mendefinisikan ergonomi merupakan studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain perancangan untuk optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan di tempat kerja di rumah dan di tempat rekreasi.

Tanpa ergonomi maka ketidaknyamanan dalam bekerja akan terasa , biaya tinggi, kecelakaan dan penyakit akibat kerja tinggi dan mengakibatkan pula rendahnya efisiensi dan daya kerja. Ergonomi dapat diterapkan dimana saja baik di lingkungan rumah, perjalanan, lingkungan sosial ataupun tempat kerja. Ergonomi harus dapat diterapkan di lingkungan kerja atau dimanapun karena untuk mendapatkan kenyamanan, kesehatan, keselamatan dan produktifitas kerja yang optimal.

2.2.4 Klasifikasi Ergonomi

Menurut *International Ergonomics Association*, ergonomi diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu ergonomi fisik, ergonomi kognitif, dan ergonomi organisasi. (www.ica.cc, 2011)

1. Ergonomi Fisik

Ergonomi fisik merupakan klasifikasi dari ergonomi yang berkaitan tentang anatomi manusia, antropometri, karakteristik fisiologi, dan biomekanika. Topik kajian ergonomi fisik ini meliputi pengukuran postur kerja, penanganan material (*material handling*), gerakan berulang (*repetitive movement*) yang berhubungan dengan muskuloskeletal, tata letak ruang kerja, serta keselamatan dan kesehatan kerja.

2. Ergonomi Kognitif

Ergonomi kognitif berkaitan dengan proses mental pekerja, seperti persepsi, memori, penalaran, dan respon motorik yang mempengaruhi interaksi antara manusia dan elemen lainnya. Dalam hal ini topik kajian meliputi beban kerja, mental, pengambilan keputusan, kinerja, keterampilan, interaksi manusia-alat, stress kerja dan pelatihan.

3. Ergonomi Organisasi

Ergonomi organisasi berhubungan dengan optimasi sistem sosioteknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan, desain kerja, desain waktu kerja, kerja sama tim, desain partisipatif, ergonomi masyarakat, kerja kooperatif, paradigma kerja baru, budaya organisasi, dan manajemen mutu.

2.2.5 Faktor Risiko Ergonomi

Faktor-faktor risiko ergonomi adalah unsur-unsur tempat kerja yang berhubungan dengan ketidaknyamanan yang dialami pekerja saat bekerja, dan jika diabaikan, lama-lama bisa menambah kerusakan pada tubuh pekerja diakibatkan kecelakaan. (UCLA-LOSH, 2009)

Faktor risiko yang terpenting dari faktor ergonomi dalam tempat kerja adalah MSDs (*musculoskeletal disorders*). MSDs ini memungkinkan timbul dalam waktu yang cukup lama (adanya kumulatif resiko).

Menurut Contreras (2017), ada beberapa faktor risiko yang berhubungan dengan ergonomi, seperti dibawah ini :

1. *Hardware* : Desain ergonomis untuk workstation, mesin dan alat mempertimbangkan pengoperasian dan keselamatan

2. *Software* : Pengetahuan tentang kesalahan dan konsekuensi dari eksposur risiko saat melakukan tugas-tugas dan penyakit simtomatologi nya. Ini harus mencakup faktor-faktor psikososial jika mungkin
3. *Physical environment* : Bahaya di *hardware* terkait dengan *Ergonomic Risk Factors* (ERF) yang menyebabkan penyakit seperti, kebisingan, kelembaban, indeks suhu bola basah, debu, gas, dan pencahayaan
4. *Job organization* : konten kerja dan metode kerja yang melibatkan risiko fisik seperti beban eksternal terkait dengan jangka waktu paparan yang melibatkan postur canggung, beban pengguna tidak dilakukan benar, gerakan berulang, dan gaya yang diberikan selama tugas yang berdampak pada kesehatan dan kesejahteraan pekerja
5. *Individual factors of workers* : keterampilan fungsional pekerja, kebiasaan, rekam medis dan karakteristik fisik

2.3 Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja adalah suatu yang ada disekitar para pekerja dan yang mempengaruhi dirinya dalam menjalankan tugas-tugas yang dibebankan (Nitisemito, 2000). Kondisi lingkungan kerja dikatakan baik atau sesuai apabila manusia dapat melaksanakan kegiatan secara optimal, sehat, aman, dan nyaman. Kesesuaian lingkungan kerja dapat dilihat akibatnya dalam jangka waktu yang lama lebih jauh lagi lingkungan-lingkungan kerja yang kurang baik dapat menuntut tenaga kerja dan waktu yang lebih banyak dan tidak mendukung diperolehnya rancangan sistem kerja yang efisien (Sedarmayanti, 2001).

2.3.1 Lingkungan Kerja Fisik

Lingkungan kerja fisik adalah semua keadaan terbentuk fisik yang terdapat disekitar tempat kerja yang dapat mempengaruhi pekerja baik secara langsung maupun tidak secara langsung. Lingkungan kerja fisik dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu:

1. Lingkungan kerja yang langsung berhubungan dengan pekerja seperti pusat kerja, kursi, meja, dan sebagainya.
2. Lingkungan perantara atau lingkungan umum dapat juga disebut lingkungan kerja yang mempengaruhi kondisi manusia misalnya temperatur, kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanik, bau tidak sedap, warna dan lain-lain.

2.3.2 Lingkungan Kerja Non Fisik

Lingkungan kerja non fisik adalah semua keadaan yang berkaitan dengan hubungan kerja. Baik hubungan dengan atasan, maupun hubungan dengan sesama rekan kerja ataupun hubungan dengan bawahan.

2.4 *Musculoskeletal Disorder* (MSD's)

Pada sub – bab ini akan dijelaskan dasar – dasar mengenai *musculoskeletal disorder* diantaranya definisi *musculoskeletal disorder*, jenis – jenis *musculoskeletal disorder*, dan faktor risiko *musculoskeletal disorder*. Berikut dasar – dasar *musculoskeletal disorder* yang digunakan peneliti dalam penyusunan penelitian.

2.4.1 Definisi MSD's

Gangguan *musculoskeletal* atau biasa disebut dengan MSDs merupakan serangkaian sakit pada otot, tendon, saraf. Aktivitas dengan tingkat pengulangan yang tinggi dapat menyebabkan kelelahan pada otot, merusak jaringan, hingga menyebabkan ketidaknyamanan. Hal ini bisa terjadi walaupun tingkat gaya dikeluarkan adalah ringan (OHSCO, 2007) menurut Bernard (1997), gangguan pada *musculoskeletal* adalah sekumpulan dari kondisi yang mempengaruhi fungsi dari jaringan halus sistem *musculoskeletal* yang mencakup daerah syaraf dan otot.

Definisi lain tentang *musculoskeletal disorder* merupakan adanya suatu gangguan kronis pada otot, tendon, dan syaraf yang disebabkan oleh penggunaan tenaga secara berulang, gerakan secara cepat, beban kerja yang tinggi, tekanan postur janggal, getaran dan rendahnya temperatur di lingkungan sekitar.

Berdasarkan berbagai definisi dari lembaga-lembaga tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa gangguan *musculoskeletal* merupakan suatu gangguan yang menyerang otot, tendon, dan syaraf manusia yang disebabkan oleh aktivitas yang dilakukan secara berulang-ulang dengan posisi postur tubuh yang janggal.

2.4.2 Jenis-jenis MSD's

Postur kerja janggal merupakan faktor pada kejadian MSDs, karena pada postur janggal ini otot, tulang, dan sendi bekerja berlebihan memberikan tekanan atau gaya untuk mempertahankan keseimbangan posisi tubuh tertentu. Postur janggal akan meningkatkan risiko kejadian MSDs bila terjadi kombinasi dengan faktor ergonomi lain, seperti durasi, frekuensi, intensitas, repetitif, dan adanya faktor stressor dari lingkungan. Berikut ini

merupakan beberapa jenis MSDs yang dapat diakibatkan oleh postur kerja yang janggal, yaitu:

1. *Low Back Pain*, merupakan rasa sakit akut yang kronis yang terletak pada tulang belakang, pantat dan kaki bagian atas yang biasanya terjadi karena penipisan intervertebral *disk* atau berkurangnya cairan pada *disk*. Biasanya terjadi pada pekerja yang melakukan pengangkatan (Bridger, 2009).
2. *Carpal Tunnel Syndrome*, yaitu tendon pada *carpal tunnel* membengkak karena penggunaan yang cepat dan berulang pada jari dan tangan. Menyebabkan rasa nyeri dan menurunkan kemampuan gengaman (Humantech, 1995).
3. *Bursitis*, yaitu rongga yang berisi cairan pelumas pada sendi membengkak sehingga menyebabkan rasa nyeri dan keterbatasan gerak (Bridger, 2003).
4. *Trigger Finger*, yaitu keadaan kaku dan gemetar pada jari karena gerakan berulang dan penggunaan yang berlebihan dari ibu jari atau pergelangan tangan yang terus-menerus terjadi (Bridger, 2003).

2.4.3 Faktor Risiko MSD's

Dalam suatu pekerjaan terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi risiko terjadinya suatu cedera ataupun penyakit akibat kerja, yang biasanya disebut dengan *musculoskeletal disorder*, *repetitive strain injury*, *cumulative trauma disorder*, dan penyakit lainnya. Bridger (2009), menjabarkan beberapa faktor risiko ergonomi yaitu, faktor fisik pekerjaan, faktor organisasi kerja, dan faktor psikososial. Sedangkan Bridger (2003), mengkatagorikan kedalam empat faktor kelompok risiko terhadap gangguan *musculoskeletal* yaitu beban, postur, frekuensi, dan durasi pekerjaannya.

a. Postur kerja

Salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam ergonomi adalah postur kerja. Menurut *Occupational and Health Council of Ontario* (2008) disebutkan bahwa postur kerja adalah berbagai posisi dari anggota tubuh pekerja selama melakukan kegiatan pekerjaannya.

b. Frekuensi

Postur yang salah dengan frekuensi pekerjaan yang sering dapat mengakibatkan tubuh kekurangan suplai darah, akan terjadi penumpukan asam laktat dan trauma mekanis. Frekuensi terjadinya postur janggal terkait dengan terjadinya *repetitive motion* dalam melakukan pekerjaan. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja terus-menerus tanpa melakukan relaksasi.

c. Durasi

Durasi adalah jumlah waktu terpanjang pada suatu pekerjaan. Durasi dapat dilihat sebagai menit-menit dari jam kerja karyawan terhadap risiko cedera. Secara umum, semakin besar waktu durasi yang dilakukan pekerja terhadap pekerjaan maka, semakin besar pula tingkat risikonya.

d. Beban atau *force*

Beban merupakan sebuah usaha yang dibutuhkan untuk melakukan gerakan. Pekerjaan yang menuntut penggunaan tenaga besar, maka akan memberikan beban pada otot, tendon, dan sendi.

2.5 Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) merupakan metode yang dilakukan dengan menganalisis peta tubuh yang ditunjukkan pada tiap bagian tubuh. Kuesioner *nordic body map* adalah kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pada para pekerja karena sudah terstandarisasi dan tersusun rapi (Kroemer, 2001:339). Dengan melihat dan menganalisis peta tubuh *nordic body map* akan dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot *skeletal* yang dirasakan oleh pekerja. Melalui *nordic body map* dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman atau agak sakit sampai tingkat yang sangat sakit (Tarwaka, 2014).

Metode ini dilakukan dengan memberikan penilai secara objektif pada pekerja. Gambar 2.1 merupakan 28 bagian otot pada standar pembagian bagian tubuh *nordic body map*.



Gambar 2.1 Bagian Otot pada Kuesioner *Nordic Body Map*
Sumber: Tarwaka (2014)

2.6 Ergonomic Hazards Mapping System (EHMS)

Ergonomic Hazard Mapping System (EHMS) merupakan metode yang dikembangkan oleh Autonomous University of State of Moreles yang bertujuan untuk mengidentifikasi *ergonomic risk factors* di area produksi dan mencari tahu kondisi proses yang dapat meningkatkan perkembangan gangguan muskuloskeletal dan unsur-unsur sistem kerja yang perlu diubah dengan menggunakan pandangan ergonomis. EHMS dikembangkan mengingat analogi antara kualitas proses pemetaan dan fokus sistem ergonomi dalam menemukan bahaya pada *workstation*. *Ergonomic Hazard Mapping System* (EHMS) mempertimbangkan interaksi dari tiga elemen utama, yang pertama yaitu input yang melibatkan faktor manusia dan ruang kerja, kedua untuk menentukan indikasi risiko di lingkungan. Dan yang ketiga mengidentifikasi potensi yang dapat menyebabkan sakit pada bagian punggung, leher, tubuh bagian atas dan bawah (Contreras, 2017).

2.6.1 Sistem Pemetaan Ergonomi

Dalam sistem pemetaan ergonomi terdapat tiga dasar utama yang perlu diperhatikan. Yang pertama, Pertimbangan ergonomi dalam mendesain alat mesin yang didefinisikan sebagai variabel sistem ergonomi. Singkatan khusus dan definisi untuk didirikannya tujuan ergonomis dapat dilihat pada Tabel 2.3. Singkatan khusus tersebut digunakan untuk mengidentifikasi *Ergonomic Risk Factors* (ERF) pada *Ergonomic Hazards Mapping System* (EHMS). Kedua, definisi dari EHMS telah dilakukan. Sebuah analogi perbandingan antara pemetaan proses dan pemetaan ergonomis yang telah dikembangkan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.4. sistem input didefinisikan sebagai faktor manusia dan ruang kerja, proses didirikan sebagai *Ergonomic Risk Factors* (ERF) mengingat tujuan ergonomi akhir produk adalah *Ergonomic Hazards Mapping System* (EHMS). Ketiga, identifikasi dari bagian-bagian tubuh yang terlibat yang berpotensi terjadinya sakit atau terkena bahaya secara skematis. Hasil ditunjukkan pada Tabel 2.5 (Contreras, 2017).

2.6.2 Fase Konstruksi *Ergonomic Hazards Mapping System* (EHMS)

Menurut Contreras (2017). Dalam proses konstruksi EHMS terdapat enam tahapan, yaitu :

1. Menghasilkan daftar peristiwa dan melakukan klasifikasi tentang insiden, kecelakaan dan penyakit yang paling sering terjadi selama minimal 1 tahun dengan menggunakan informasi perusahaan.

Tabel 2.3

Singkatan dan Definisi untuk *Ergonomic Risk Factors* (ERF)

Komponen	Singkatan	Definisi ERF
<i>Hardware</i>	HDW	Desain ergonomis untuk workstation, mesin dan alat mempertimbangkan pengoperasian dan keselamatan
<i>Software</i>	SFW	Pengetahuan tentang kesalahan dan konsekuensi dari eksposur risiko saat melakukan tugas-tugas dan penyakit simtomatologi nya. Ini harus mencakup faktor-faktor psikososial jika mungkin
<i>Physical environment</i>	PHE	Bahaya di Hardware terkait dengan ERF yang menyebabkan penyakit seperti getaran, kebisingan, suhu tinggi dan pencahayaan
<i>Job organization</i>	JOR	konten kerja dan metode kerja yang melibatkan risiko fisik seperti beban eksternal terkait dengan jangka waktu paparan yang melibatkan postur canggung, beban pengguna tidak dilakukan benar, gerakan berulang, dan gaya yang diberikan selama tugas yang berdampak pada kesehatan dan kesejahteraan pekerja
<i>Individual factors of workers</i>	IFW	keterampilan fungsional pekerja, kebiasaan, rekam medis dan karakteristik fisik

Sumber : Contreras (2017)













Tabel 2.4
Perbandingan Analogi Antara Pemetaan Proses dan Pemetaan Ergonomis




Komponen proses	Proses mapping	<i>Ergonomic hazards mapping system</i>
Input	Material	Faktor manusia dan ruang kerja
Proses	Proses transformasi	<i>Ergonomic risk factors</i>
Output	Produk akhir	<i>Ergonomic hazards mapping system</i>

Sumber : Contreras (2017)

2. Dari daftar peristiwa, dilakukan identifikasi dan klasifikasi tempat kerja yang paling bermasalah.
3. Dari daftar peristiwa, dilakukan identifikasi dan klasifikasi bagian-bagian tubuh yang paling terluka.
4. Mengidentifikasi *Ergonomic Risk Factors* (ERF) saat di tempat kerja yang paling bermasalah.
5. Jika terdapat postur tubuh yang canggung, beban kerja yang tidak sesuai, gerakan berulang, dan gaya yang diberikan selama kerja. Maka evaluasi risiko harus dilakukan sebagai tindakan preventif dengan menggunakan metodologi seperti PLIBEL, REBA, NIOSH atau menerapkan evaluasi yang diusulkan oleh ISO 11228.
6. Pembuatan EHMS : representasi skema gambar tata letak secara keseluruhan dan singkatan terkait *Ergonomic Risk Factors* (ERF)

Tabel 2.5
Identifikasi Bagian Tubuh Terlibat Potensi Sakit

Schematic representation	Body part affected	Schematic representation	Body part affected
	Hands and wrist		Lower back
	Forearms, wrist and hands		Lower limbs without feet
	Arm, elbow, forearms and hands		Lower limbs including feet
	Shoulders, arm, elbow, forearms and hands		Feet
	Neck, shoulders, arm, elbow, forearms and hands		Trunk and upper limbs, feet, knees and hips
	Neck, shoulders, and Chest (thoracic cage)		Body

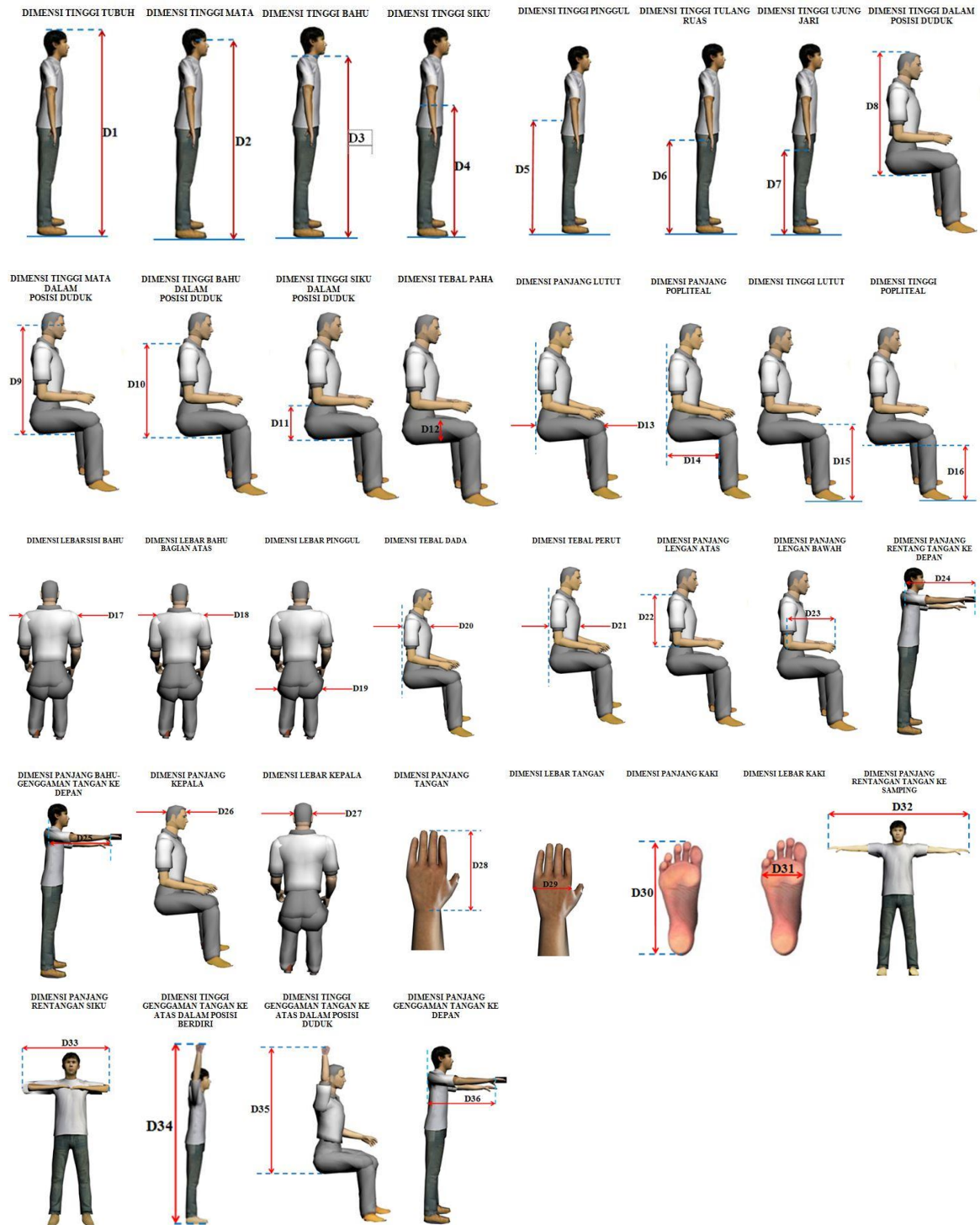
Schematic representation	Body part affected	Schematic representation	Body part affected
	Trunk		Head
	Trunk and upper limbs	-	Other

Sumber : Contreras (2017)

2.7 Antropometri

Antropometri dapat didefinisikan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Pada dasarnya manusia memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dsb) berat dan lain – lain yang berbeda – beda satu dengan yang lainnya. Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan menyangkut dimensi ukuran tubuh yang ergonomis dalam berinteraksi dengan peralatan kerja atau fasilitas kerja. Secara umum dalam menentukan ukuran maksimum atau minimum digunakan data antropometri persentil 5% dan 95% (Wignjosoebroto, 2003)

Data antropometri dapat digunakan dalam menetapkan dimensi ukuran produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh yang biasa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas kerja dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia

Sumber: Antropometri Indonesia (2017)

Berikut ini merupakan keterangan dari 36 dimensi antropometri tubuh manusia menurut Data Antropometri Indonesia (2016) akan dijelaskan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6
Dimensi Tubuh Manusia

	Nama Dimensi	Definisi
D1	Tinggi tubuh	Jarak vertikal dari lantai ke bagian paling atas kepala.
D2	Tinggi mata	Jarak vertikal dari lantai ke bagian luar sudut mata kanan.

	Nama Dimensi	Definisi
D3	Tinggi bahu	Jarak vertikal dari lantai ke bagian atas bahu kanan (acromion) atau ujung tulang bahu kanan.
D4	Tinggi siku	Jarak vertikal dari lantai ke titik terbawah di sudut siku bagian kanan.
D5	Tinggi pinggul	Jarak vertikal dari lantai ke bagian pinggul kanan.
D6	Tinggi tulang ruas	Jarak vertikal dari lantai ke bagian tulang ruas/buku jari tangan kanan (metacarpals).
D7	Tinggi ujung jari	Jarak vertikal dari lantai ke ujung jari tengah tangan kanan (dactylion).
D8	Tinggi dalam posisi duduk	Jarak vertical dari alas duduk ke bagian paling atas kepala.
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian luar sudut mata kanan.
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian atas bahu kanan.
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian bawah lengan bawah tangan kanan.
D12	Tebal paha	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian paling atas dari paha kanan.
D13	Panjang lutut	Jarak horizontal dari bagian belakang pantat (pinggul) ke bagian depan lutut kaki kanan.
D14	Panjang popliteal	Jarak horizontal dari bagian belakang pantat (pinggul) ke bagian belakang lutut kanan.
D15	Tinggi lutut	Jarak vertikal dari lantai ke tempurung lutut kanan.
D16	Tinggi popliteal	Jarak vertikal dari lantai ke sudut popliteal yang terletak di bawah paha, tepat di bagian belakang lutut kaki kanan.
D17	Lebar sisi bahu	Jarak horizontal antara sisi paling luar bahu kiri dan sisi paling luar bahu kanan.
D18	Lebar bahu bagian atas	Jarak horizontal antara bahu atas kanan dan bahu atas kiri.
D19	Lebar pinggul	Jarak horizontal antara sisi luar pinggul kiri dan sisi luar pinggul kanan.
D20	Tebal dada	Jarak horizontal dari bagian belakang tubuh ke bagian dada untuk subyek laki-laki atau ke bagian buah dada untuk subyek wanita.
D21	Tebal perut	Jarak horizontal dari bagian belakang tubuh ke bagian yang paling menonjol di bagian perut.
D22	Panjang lengan atas	Jarak vertikal dari bagian bawah lengan bawah kanan ke bagian atas bahu kanan.
D23	Panjang lengan bawah	Jarak horizontal dari lengan bawah diukur dari bagian belakang siku kanan ke bagian ujung dari jari tengah.
D24	Panjang rentang tangan ke depan	Jarak dari bagian atas bahu kanan (acromion) ke ujung jari tengah tangan kanan dengan siku dan pergelangan tangan kanan lurus.
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	Jarak dari bagian atas bahu kanan (acromion) ke pusat batang silinder yang digenggam oleh tangan kanan, dengan siku dan pergelangan tangan lurus.
D26	Panjang kepala	Jarak horizontal dari bagian paling depan dahi (bagian tengah antara dua alis) ke bagian tengah kepala.
D27	Lebar kepala	Jarak horizontal dari sisi kepala bagian kiri ke sisi kepala bagian kanan, tepat di atas telinga.
D28	Panjang tangan	Jarak dari lipatan pergelangan tangan ke ujung jari tengah tangan kanan dengan posisi tangan dan seluruh jari lurus dan terbuka.

	Nama Dimensi	Definisi
D29	Lebar tangan	Jarak antara kedua sisi luar empat buku jari tangan kanan yang diposisikan lurus dan rapat.
D30	Panjang kaki	Jarak horizontal dari bagian belakang kaki (tumit) ke bagian paling ujung dari jari kaki kanan.
D31	Lebar kaki	Jarak antara kedua sisi paling luar kaki.
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	Jarak maksimum ujung jari tengah tangan kanan ke ujung jari tengah tangan kiri.
D33	Panjang rentangan siku	Jarak yang diukur dari ujung siku tangan kanan ke ujung siku tangan kiri.
D34	Tinggi genggam tangan ke atas dalam posisi berdiri	Jarak vertikal dari lantai ke pusat batang silinder (<i>centre of a cylindrical rod</i>) yang digenggam oleh telapak tangan kanan.
D35	Tinggi genggam ke atas dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke pusat batang silinder.
D36	Panjang genggam tangan ke depan	Jarak yang diukur dari bagian belakang bahu kanan (tulang belikat) ke pusat batang silinder yang digenggam oleh telapak tangan kanan.

Sumber: Antropometri Indonesia (2016)

2.8 *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*

REBA atau *Rapid Entire Body Assessment* dikembangkan oleh Hignett dan Mc Atamney pada tahun 2000. *Rapid Entire Body Assessment* adalah sebuah metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi dan dapat digunakan secara cepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, pergelangan tangan, dan kaki seorang operator. Selain itu metode ini juga dipengaruhi faktor *coupling*, beban eksternal yang ditopang oleh tubuh serta aktivitas pekerja. Penilaian dengan menggunakan REBA tidak membutuhkan waktu yang lama untuk melengkapi melakukan *scoring general* pada daftar aktivitas yang mengindikasikan perlu adanya pengurangan risiko yang diakibatkan postur kerja operator (Stanton *et al*, 2005)

REBA dikembangkan untuk mendeteksi postur kerja yang berisiko dan melakukan perbaikan sesegera mungkin. Metode ini mengevaluasi postur, kekuatan, aktivitas, dan faktor *coupling* yang menimbulkan potensi cedera akibat aktivitas yang berulang-ulang. Penilaian postur kerja metode ini dengan cara memberikan skor risiko antara satu sampai lima belas, yang mana skor yang tertinggi menandakan level yang mengakibatkan risiko yang besar untuk dilakukan dalam bekerja.

REBA dikembangkan tanpa membutuhkan piranti khusus. Ini memudahkan peneliti untuk dapat melakukan pemeriksaan dan pengukuran tanpa biaya peralatan tambahan. Dalam proses pemeriksaan REBA dapat dilakukan di tempat yang terbatas tanpa mengganggu pekerja. Terdapat empat tahapan proses perhitungan yaitu:

1. Mengumpulkan data mengenai postur pekerja tiap kegiatan dengan menggunakan video atau foto.
2. Menentukan sudut-sudut dari bagian tubuh pekerja.
3. Menentukan berat beban, pegangan (*coupling*) dan aktivitas pekerja.
4. Menghitung nilai REBA untuk postur yang bersangkutan.

Dengan didapatkannya nilai REBA tersebut dapat diketahui level risiko dan kebutuhan akan tindakan yang perlu dilakukan untuk perbaikan kerja. Berikut merupakan tabel REBA secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.3.

ERGONOMICS PLUS REBA Employee Assessment Worksheet Task Name: _____ Date: _____

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position
 +1 10-20° +2 20° in extension +2 in flexion
 Neck Score: _____
 Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position
 +1 +2 +3 +4 20-40° 60°+
 Trunk Score: _____
 Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs
 Adjust: 30-60° >60°
 Leg Score: _____
 Add +1 Add +2

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, Locate score in Table A
 Posture Score A: _____

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs.: +0
 If load 11 to 22 lbs.: +1
 If load > 22 lbs.: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1
 Force / Load Score: _____

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.
 Score A: _____

Table A: Neck

		Neck		
		1	2	3
Legs		1	2	3
Trunk		1	2	3
Posture		1	2	3
Score		1	2	3

Table B: Lower Arm

		Lower Arm	
		1	2
Wrist		1	2
Upper Arm		1	2
Score		1	2

Table C: Score A vs Score B

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

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:
 +1 +2 +2 +3 +4
 20° 20° 20° 20-45° 45-90° 90°
 Upper Arm Score: _____
 Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:
 +1 +2
 Lower Arm Score: _____

Step 9: Locate Wrist Position:
 +1 +2
 Wrist Score: _____
 Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B
 Posture Score B: _____

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid rang power grip, *good*: +0
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, *fair*: +1
 Hand hold not acceptable but possible, *poor*: +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part, *Unacceptable*: +3
 Coupling Score: _____

Step 12: Score B, Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.
 Score B: _____

Step 13: Activity Score
 +1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 +1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base
 Activity Score: _____

Table C Score + Activity Score = REBA Score

Scoring
 1 = Negligible Risk
 2-3 = Low Risk. Change may be needed.
 4-7 = Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
 8-10 = High Risk. Investigate and Implement Change
 11+ = Very High Risk. Implement Change

Gambar 2.3 Worksheet REBA

Sumber: <http://www.physio-pedia.com/images/a/a6/REBA.png>

2.9 Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application (CATIA)

Menurut Bernard (2003) CATIA merupakan sebuah *software* yang dikembangkan dari perusahaan pesawat milih Perancis yang bernama *Avions Marcel Dassault*. *Software* ini dulunya digunakan untuk melakukan perancangan pesawat untuk mengembangkan mesin jet tempur, sejak saat itu kemudian *software* ini diadopsi oleh perusahaan otomotif, pembuatan kapal, dan industri lainnya. Awalnya *software* ini bernama *Conception Assistee Tridimensionnelle Interactif* (CATI) pada tahun 1997, kemudian berganti nama menjadi *Computer Aided Three-dimensional Interactive Application* (CATIA) pada tahun 1980.

Kemudian pada tahun 1984 perusahaan boeing menjadi pelanggan terbesar yang menggunakan *software* CATIA ini. Sejak saat itu *software* ini mulai dikenal banyak

perusahaan untuk melakukan perancangan desain dengan menggunakan *software* ini karena sangat membantu dalam proses analisis, khususnya analisis komponen baik itu kekuatan struktur dalam beban statis, analisis bebas sampai simulasi perancangan dapat dilakukan. Berikut merupakan contoh tampilan *software* CATIA V5 disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tampilan Desain *Software* CATIA V5

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=P8Xm6H3E14M>