

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

2.1.1. Penelitian Tentang Postur Kerja

Perbaikan untuk mengatasi keluhan akibat postur kerja telah banyak dilakukan di berbagai jenis industri. Wignjosoebroto dkk (2006) melakukan perbaikan berupa meja dan kursi kerja pada departemen mesin bubut di industri logam. Perbaikan dilakukan untuk mendapatkan stasiun kerja yang ergonomis dan aman untuk mengurangi masalah *back injury* dan tingkat kecelakaan kerja. Di industri logam lainnya, Tuhumena dkk (2014) melakukan perbaikan berupa *jig and fixture* pada bagian pengelasan. Perbaikan dilakukan untuk mengatasi kesulitan yang dirasakan pekerja akibat postur kerja pekerja yang kurang ergonomis. Helianty dkk (2009) melakukan perbaikan meja kerja serut di industri karoseri. Perbaikan yang dilakukan menghasilkan sikap kerja pekerja yang lebih ergonomis sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya cedera. Rinawati dan Wisnu (2011) melakukan perbaikan berupa penambahan konveyor, kursi dan, alas kerja pada stasiun kerja *Fine Focus Adjustment* di industri elektronik. Perbaikan dilakukan untuk mengatasi keluhan pegal dan nyeri pada bahu pekerja. Kristanto dan Sugiantoro (2012) melakukan perbaikan mesin amplas kayu di industri kerajinan kayu. Perbaikan dilakukan untuk mengatasi proses pengerjaan yang memakan waktu cukup lama akibat posisi kerja yang tidak nyaman.

2.1.2. Usaha Mengatasi Risiko Cedera

Ada berbagai jenis usaha yang dapat digunakan untuk mengatasi keluhan akibat postur kerja. Tuhumena dkk (2014) menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* di awal penelitian untuk mengetahui keluhan nyeri yang dialami pekerja.

Kushwaha dan Kane (2015) melakukan penelitian mengenai penilaian ergonomi dan perancangan stasiun kerja ergonomi pada kabin alat *shipping crane* industri baja di Negara India. Beberapa industri India telah mengambil inisiatif untuk merancang ulang tempat kerja mereka untuk mengatasi berbagai gangguan *musculoskeletal* (MSD) dan cedera yang berhubungan dengan pekerjaan. Penelitian dilakukan pada pabrik baja terpadu yang terletak di pusat India di mana sebagian besar dari pekerja *crane* terus-menerus menderita nyeri otot di bagian tubuh yang berbeda. Risiko MSD diidentifikasi oleh kuesioner rinci dari 27

pekerja *crane*. Studi ini menunjukkan bahwa intervensi ergonomi di tempat kerja mengurangi ketidakcocokan antara manusia dan mesin dan membuat tempat kerja nyaman untuk bekerja. Ergonomi memainkan peran penting untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas di tempat kerja dalam dua dekade terakhir ini.

Mirka (2005) melakukan kajian ergonomi untuk Industri mebel di Amerika. *American Furniture Manufacturers Association* telah mengambil inisiatif untuk mengembangkan pedoman bagi para anggotanya dengan mengeluarkan dokumen yang dinamakan *AFMA Voluntary Ergonomics Guideline for the Furniture Manufacturing Industry*. Dokumen ini berisikan informasi dasar mengenai ergonomi bagi industri yang berkaitan dengan produk *furniture*. Panduan ergonomi ini dianggap penting karena banyak perusahaan dalam pembuatan *furniture* di Amerika telah menyadari pentingnya ergonomi dan dampak positif yang bisa diperoleh. Sifat produk yang diproduksi di sebagian besar perusahaan memiliki fasilitas mesin dan sering membutuhkan banyak pekerjaan manual (pengamplasan, menggosok, stapel, dan penyemprotan). Berdasarkan tuntutan fisik yang cukup banyak, industri di bidang *furniture* membutuhkan penerapan ergonomi untuk operasi mereka. Sejumlah perusahaan *furniture* mampu menunjukkan penurunan yang signifikan pada biaya kompensasi pekerja dan meningkatkan produktivitas dengan penerapan ergonomi dan berharap untuk membuat industri *furniture* lainnya untuk dapat mengalami manfaat yang sama.

Battini dkk (2011) melakukan penelitian mengenai aspek ergonomi dalam sistem perakitan dan mengembangkan kerangka teori baru untuk menilai pendekatan *concurrent engineering*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk memberikan para profesional dengan pendekatan baru dan terperinci untuk prosedur perancangan sistem perakitan dengan pendekatan ergonomi. Penelitian ini memberikan kerangka metodologis yang sangat berharga untuk perusahaan yang mempertimbangkan hubungan antara perakitan dan ergonomi. Metodologi yang dibuat menggaris bawahi kebutuhan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan sistem perakitan dan konfigurasi tata letak dalam kaitannya dengan variabel yang digunakan dalam kerangka metodologis yang dibuat. Kerangka metodologis yang ditawarkan berupa perhitungan *technological variables* (berkaitan dengan waktu kerja dan metode), *environmental variables* (sebagai contoh *absenteeism, staff turnover, work force motivation*) dan evaluasi

ergonomi (sebagai contoh *human diversity*) untuk membuat analisis yang komprehensif.

Yeow dan Sen (2006) melakukan penelitian mengenai peningkatan produktivitas, perbaikan kualitas, peningkatan pendapatan, dan pengurangan *rejection cost* melalui penerapan ergonomi di lini produksi industri elektronik di Malaysia. Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah penilaian subjektif (melalui kuesioner), observasi langsung, dan melalui arsip. Percobaan dilakukan pada lini produksi dan ditemukan beberapa masalah yang teridentifikasi, yaitu, lamanya mencari bahan dari tempat penyimpanan, komponen yang tidak produktif, penghalang selama melakukan perakitan, dan komponen jatuh. Pengembangan dilakukan untuk memperbaiki masalah, yaitu dengan cara memiliki satu pusat penyimpanan untuk menghilangkan kebingungan dari pencarian bahan, penggunaan timbangan untuk menghitung komponen, memodifikasi urutan MCI, pengaturan *bin* untuk menghindari penghalang, dan menggunakan *conveyor* langsung untuk mengurangi penanganan. Akibatnya, terjadi peningkatan dalam produktivitas dan pendapatan tahunan (USD 4.223.736) dan pengurangan cacat dan biaya penolakan tahunan (USD 956.136).

Zare dkk (2015) melakukan evaluasi pendekatan ergonomis dan gangguan *musculoskeletal* di dua organisasi yang berbeda dalam pabrik perakitan truk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai paparan fisik ergonomis, organisasi dan faktor psikososial di pabrik perakitan truk untuk dua kali siklus yang berbeda (11 menit dan 8 menit). Kuesioner diaplikasikan untuk mengevaluasi paparan fisik subjektif, organisasi dan faktor psikososial pada pekerja di dua proses perakitan. Waktu siklus awal adalah 11 menit (sistem A) dan 8 menit untuk sistem B. Pekerjaan yang sama harus diselesaikan di kedua sistem. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa estimasi subjektif oleh pekerja mengenai faktor risiko ergonomi lebih baik di organisasi baru dan gejala WR-MSDS yang lebih sedikit. Paparan faktor risiko dan gejala WR-MSDS secara statistik tidak berbeda antara dua kali siklus. Temuan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang cara perubahan organisasi dapat memodifikasi paparan ergonomis di industri perakitan manufaktur. Intervensi yang efektif tidak hanya solusi teknik tetapi juga adaptasi organisasi dan administrasi.

2.1.3. Analisis Biomekanika dan Postur Kerja

Beberapa penelitian terdahulu menggunakan analisis biomekanika dan postur kerja yang berkaitan masalah risiko cedera akibat kerja. Penelitian tersebut antara lain dilakukan oleh: Wignjosoebroto dkk (2006), Helianty dkk (2009), Rinawati dan Wisnu (2011), Tuhumena dkk (2014), Hermawan dan Mariawati (2015).

Wignjosoebroto dkk (2006) menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* untuk mengetahui bagian tubuh pekerja mesin bubut yang mengalami keluhan. Analisis biomekanika dilakukan pada bagian tubuh lengan atas, lengan bawah, punggung, paha, dan betis. Perbaikan postur kerja dilakukan dengan cara membuat fasilitas kerja bubut yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera diamati melalui penurunan gaya yang diterima segmen tubuh dan lingkungan kerja yang lebih ergonomis.

Helianty dkk (2009) melakukan analisis biomekanika pada pekerja serut. Analisis biomekanika dilakukan dengan membandingkan gaya tiap segmen tubuh pekerja serut sebelum dan setelah perbaikan. Perbaikan postur kerja dilakukan dengan cara membuat prototipe fasilitas kerja serut yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera diamati melalui penurunan gaya yang diterima tulang belakang.

Rinawati dan Wisnu (2011) melakukan analisis biomekanika pada pekerja *fine focus adjustment*. Analisis biomekanika dilakukan dengan cara membandingkan gaya dan momen antara kondisi sebelum dan setelah diberi alat bantu. Peneliti melakukan simulasi postur kerja pekerja *fine focus adjustment* dengan bantuan *software CATIA*. Penurunan risiko cedera diamati melalui penurunan beban otot (mV) dan penurunan besar momen (Nm) yang diterima beberapa segmen tubuh.

Tuhumena dkk (2014) menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* untuk mengetahui bagian tubuh pekerja las yang mengalami keluhan. Penilaian postur kerja pekerja pengelasan dilakukan dengan Penilaian BRIEF survei. Analisis biomekanika dilakukan dengan bantuan *software Mannequin Pro*. Perbaikan postur kerja pekerja las dilakukan dengan cara membuat fasilitas kerja las yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera diamati melalui penurunan besar momen (Nm) yang diterima tulang belakang.

Hermawan dan Mariawati (2015) melakukan penelitian di stasiun kerja *Truss And Roof*. Perbaikan postur kerja dilakukan dengan cara membuat prototipe fasilitas

kerja pengangan material yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera diamati melalui penurunan gaya tekan pada tulang belakang dan penurunan skor RULA.

2.1.4. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di area *CO₂ Process*, di bagian *HDD assembly*, Western Digital (Thailand) Co., Ltd. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi risiko cedera dan memperbaiki postur kerja proses pemindahan VCM ke *CO₂ Machine* dengan analisa biomekanika dan postur kerja di *HDD assembly* Western Digital (Thailand) Co., Ltd. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan keluhan *musculoskeletal* pada operator *CO₂ Process* yang diukur dengan kuesioner *nordic body map*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan cara menurunkan keluhan *musculoskeletal*. Analisis postur kerja menggunakan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) sebagai alat ukur untuk risiko kerja.

Tools yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Nordic Body Map*, Biomekanika, REBA, dan analisis waktu proses. Rencana perbaikan yang akan dilakukan berupa perbaikan *VCM Hand Tool. Software* yang digunakan untuk melakukan perbaikan fasilitas adalah Autocad 2015, Catia V5R20, dan Solidwork.

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Dahulu dan Sekarang

Penelitian	Obyek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Perbaikan yang dilakukan
Wignjosoebroto dkk (2006),	Pekerja mesin bubut	NBM, <i>energy expenditure</i> , biomekanika, anthropometri, k3	Rancangan meja kursi Pekerja mesin bubut
Helianty dkk (2009),	Pekerja mesin serut	NBM, biomekanika, anthropometri	Rancangan meja kerja serut
Rinawati dan Wisnu (2011),	Pekerja <i>fine focus adjustment</i>	Anthropometri, biomekanika, EMG	Rancangan meja putar dan kursi
Tuhumena dkk (2014),	Pekerja las	NBM, anthropometri, biomekanika (<i>Software Mannequin Pro</i>)	Rancangan <i>Jig And Fixture</i>
Hermawan dan Mariawati (2015).	Pekerja <i>Truss And Roof</i>	RULA, anthropometri, biomekanika	Rancangan rak
Viki Kurnianto (2016)	Pekerja mesin <i>table saw</i>	NBM, REBA, waktu proses, biomekanika	Rancangan <i>fence</i> dan pendorong kayu
Penyusun (2016)	Operator <i>CO₂ Process</i>	NBM, RULA, waktu proses, biomekanika	Rancangan <i>VCM Hand Tool</i>

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Konsep Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam keterkaitannya dengan pekerjaan di dalam suatu sistem kerja. Istilah ergonomi itu sendiri berasal dari bahasa Latin yaitu *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) sehingga ergonomi didefinisikan sebagai studi aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain /perancangan untuk mendapatkan suasana kerja yang sesuai dengan manusianya (Nurmianto, 2003). Ergonomi adalah ilmu, seni, dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004). Manuaba (2000) dalam buku Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas oleh (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004) ergonomi adalah Ilmu atau pendekatan multidisipliner yang bertujuan mengoptimalkan sistem manusia-pekerjaannya, sehingga tercapai alat, cara dan lingkungan kerja yang sehat, aman, nyaman, dan efisien.

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

Penerapan ergonomi bertujuan untuk mencapai kualitas hidup manusia secara optimal, baik di tempat kerja, di lingkungan sosial maupun di lingkungan keluarga. Tujuan ergonomi secara umum menurut (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004) dari penerapan ergonomi adalah sebagai berikut :

- 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 mengkoordinasi 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, antropologi, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Sudut pandang ergonomi harus memiliki garis keseimbangan antara tuntutan tugas dengan kapasitas kerja sehingga pencapaian performa kerja tinggi. Tuntutan tugas pekerjaan tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh terlalu berlebihan (*overload*) dikarenakan dapat menyebabkan *stress* (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004).

2.2.2. Antropometri

Antropometri berasal dari kata *anthro* yang berarti “manusia” dan *metri* yang berarti “ukuran”. Antropometri adalah studi tentang dimensi tubuh manusia (Pulat, 1992). Sritomo (2003) dalam Sari (2014), salah satu bidang keilmuan ergonomi yang dinyatakan sebagai suatu studi yang menyangkut pengukuran dimensi tubuh manusia dan aplikasi rancangan yang menyangkut geometri fisik, massa, dan kekuatan tubuh. Antropometri adalah suatu bidang kajian ergonomi yang mempelajari karakter ukuran-ukuran fisik tubuh manusia seperti dimensi linier, volume, dan berat tubuh yang terbagi 2 jenis antropometri menurut menurut Sutalaksana (2006) yaitu :

- a. Antropometri Statis, Antropometri statis adalah tentang ciri-ciri fisik luar manusia dalam keadaan diam atau dalam posisi yang dibakukan.
- b. Antropometri Dinamis, Antropometri dinamis adalah tentang ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melakukan kegiatannya.

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (desain) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas menurut Wignjosoebroto, Gunani, & Pawennari (2012) antara lain dalam hal :

- a. Perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dan lainnya)
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas dan sebagainya.
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer dll.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik

2.2.3. Aplikasi Antropometri untuk Perancangan

Data antropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam persentil tertentu akan sangat besar manfaatnya pada saat suatu rancangan produk ataupun fasilitas kerja akan dibuat. Agar rancangan suatu produk nantinya bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoperasikannya, maka prinsip-prinsip apa yang harus diambil dalam aplikasi data antropometri tersebut harus ditetapkan terlebih dahulu seperti diuraikan berikut ini :

- a. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrem. Rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 (dua) sasaran produk, yaitu:
 - i. Bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrem dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.
 - ii. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).
- b. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan antara rentang ukuran tertentu. Rancangan bisa diubah – ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Contoh yang paling umum dijumpai adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini letaknya bisa digeser maju/mundur dan sudut sandarannya bisa diubah – ubah sesuai dengan yang diinginkan. Dalam kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel, semacam ini maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah rentang nilai 5-th s/d 95-th persentil.
- c. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata. Berkaitan dengan aplikasi data antropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa saran/rekomendasi yang bisa diberikan sesuai dengan langkah-langkah seperti berikut :
 - i. Pertama kali terlebih dahulu harus ditetapkan anggota tubuh yang mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
 - ii. Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data struktural *body dimension* atau *functional body dimension*.
 - iii. Selanjutnya tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi,

diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut. Hal ini lazim dikenal sebagai *market segmentation*, seperti produk mainan untuk anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita, dll.

- iv. Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrem, rentang ukuran yang fleksibel (*adjustable*) atau ukuran rata-rata.

2.2.4. Sikap dan Posisi Kerja

Sikap kerja adalah sikap tubuh (*posture*) manusia saat berinteraksi dengan alat/peralatan kerja. Sikap kerja yang baik adalah sikap kerja yang memungkinkan melaksanakan pekerjaan dengan efektif dan dengan usaha otot yang sedikit. Secara mendasar sikap tubuh dalam keadaan tidak melakukan gerakan atau pekerjaan adalah sikap berdiri, berbaring, berjongkok dan duduk (Pheasant, 1991) dalam (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004). Posisi dan sikap kerja para pekerja saat melakukan aktivitas ditempat kerja berpengaruh terhadap respon fisiologis pekerja tersebut. Sikap kerja yang tidak alamiah/ fisiologis merupakan penyebab munculnya berbagai gangguan pada sistem *musculoskeletal* (Manuaba, 2000) dalam (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004)

Wignjosoebroto, Gunani, & Pawennari (2012) dalam jurnal menyatakan bahwa tidak peduli apakah pekerja harus berdiri, duduk atau dalam sikap/posisi kerja yang lain, pertimbangan-pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan sikap/posisi kerja akan sangat penting. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan sikap dan posisi tertentu yang kadang-kadang cenderung untuk tidak mengenakan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada sikap dan posisi kerja yang "aneh" dan kadang-kadang juga harus berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan pekerja cepat lelah, membuat banyak kesalahan atau menderita cacat tubuh. Untuk menghindari sikap dan posisi kerja yang kurang *favourable* ini pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain menyarankan hal-hal seperti:

- a. Mengurangi keharusan operator untuk bekerja dengan sikap dan posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau jangka waktu lama. Untuk mengatasi problem ini maka stasiun kerja harus dirancang- terutama dengan memperhatikan fasilitas kerjanya seperti meja kerja, kursi dan lainnya yang sesuai dengan data antropometri agar operator dapat menjaga sikap dan posisi kerjanya tetap tegak dan normal.

- b. Operator tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum yang bisa dilakukan. Pengaturan posisi kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (konsep/prinsip ekonomi gerakan). Pengaturan ini bisa memberikan sikap dan posisi yang nyaman juga akan mempengaruhi aspek-aspek ekonomi gerakan.
- c. Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada dalam sikap atau posisi miring. Demikian pula sedapat mungkin menghindari cara kerja yang memaksa operator harus bekerja dengan posisi telentang atau tengkurap.
- d. Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi di atas level.

Posisi kerja yang didasarkan pada kebiasaan, kultur dan budaya yaitu dengan cara duduk bersila, duduk jongkok, dan duduk dengan salah satu kaki diangkat yang sering dilakukan di Afrika Utara, Timur Tengah, India, Asia Tenggara, Indonesia, Korea, Jepang, dan Amerika merupakan posisi kerja yang tidak biasa dan berdasarkan kebiasaan (Kroemer, Kroemer, & Elbert, 2001). Mereka menyebut posisi kerja dengan sebutan *long sitting*. *Long sitting* adalah posisi kerja di bagian tubuh punggung dan paha membentuk sudut 90 derajat. Posisi ini akan mengakibatkan long *hamstring muscle* dikarenakan berat badan tidak ada yang menopang dan posisi ini tidak direkomendasikan dalam duduk yang nyaman secara ergonomi. Posisi ini sangat ditentang akan tetapi menurut mereka, posisi tersebut sangat nyaman dalam bekerja sehingga menimbulkan kontradiksi terhadap posisi tersebut (Bridger, 1995)

Sikap kerja yang baik tentunya telah dianalisis postur kerja dan dikatakan aman. Analisis postur kerja bermacam – macam yaitu *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS), *Loading on the Upper Body* (LUBA), *Baseline Risk Identification of Ergonomic Factors* (BRIEF), *Strain Index* (SI), *ManTra* dan masih banyak lagi. Banyak metode yang dapat digunakan dalam mengevaluasi postur kerja akan tetapi yang dipilih adalah RULA dikarenakan operator *CO₂ Process* dalam proses pemindahan VCM sebagian besar aktivitasnya menggunakan bagian tubuh bagian atas seperti tangan, lengan, kepala, bahu, siku, dan punggung. RULA dianggap sangat mendetail dan cepat dalam proses penilaian postur tubuh.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah sesuatu metode penilaian postur untuk menentukan risiko gangguan kesehatan yang disebabkan oleh tubuh bagian atas. RULA dikembangkan dalam usaha untuk penilaian empat faktor beban eksternal (jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga/kekuatan, dan postur kerja) (Atamney & Corlett, 1993) untuk :

- Memberikan sebuah metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang berisiko yang menyebabkan gangguan pada anggota badan bagian atas.
- Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja, penggunaan tenaga dan kerja yang berulang-ulang yang dapat menimbulkan kelelahan otot.
- Memberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian ergonomi yaitu epidemiologi, fisik, mental, lingkungan, dan faktor organisasi

Ada empat hal yang menjadi aplikasi utama dari RULA, yaitu untuk :

- Mengukur risiko *musculoskeletal*, biasanya sebagai bagian dari perbaikan yang lebih luas dari ergonomi.
- Membandingkan beban *musculoskeletal* antara rancangan stasiun kerja yang sekarang dengan yang telah dimodifikasi.
- Mengevaluasi keluaran seperti produktivitas atau kesesuaian penggunaan peralatan.
- Melatih operator tentang beban *musculoskeletal* yang diakibatkan dari perbedaan postur kerja.

Berikut adalah penjelasan RULA:

ERGONOMICS RULA Employee Assessment Worksheet

Task Name: _____ Date: _____

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position: +1, +2, +3, +4

Step 2: Locate Lower Arm Position: +1, +2

Step 3: Locate Wrist Position: +1, +2, +3, +4

Step 4: Wrist Twist: +1, +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Step 6: Add Muscle Use Score:

Step 7: Add Force/Load Score:

Step 8: Find Row in Table C:

Table A: Wrist Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Score				
		1	2	3	4	
1	1	1	2	2	3	3
1	2	2	2	2	3	3
1	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	4
2	2	3	3	3	4	4
2	3	4	4	4	4	5
3	1	3	4	4	4	5
3	2	4	4	4	4	5
3	3	4	4	4	4	5
4	1	4	4	4	4	5
4	2	4	4	4	4	5
4	3	5	5	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6
5	2	5	5	5	5	6
5	3	6	6	6	6	7
6	1	7	7	7	7	8
6	2	8	8	8	8	9
6	3	9	9	9	9	9

Table B: Neck, Trunk, Leg Score

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

Table C: Neck, Trunk, Leg Score

Wrist / Arm Score	Neck, Trunk, Leg Score			
	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	3	4	5
3	3	3	4	5
4	3	3	4	5
5	4	4	5	6
6	4	4	5	6
7	5	5	6	7
8	5	5	6	7

Scoring: (final score from Table C)

1-2 = acceptable posture
 3-4 = further investigation, change may be needed
 5-6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position: +1, +2, +3, +4

Step 10: Locate Trunk Position: +1, +2, +3, +4

Step 11: Legs: +1, +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Step 13: Add Muscle Use Score:

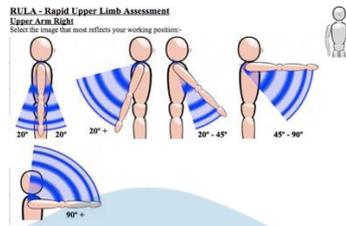
Step 14: Add Force/Load Score:

Step 15: Find Column in Table C:

Gambar 2.1. Worksheet RULA (Hignett & McAtamney (2000))

Grup A

a. Lengan atas (*Upper Arm*)



Gambar 2.2. Postur Tubuh Bagian Lengan Atas (*Upper Arm*)

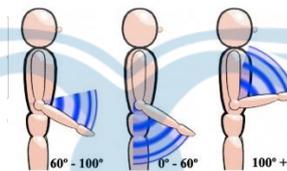
(<http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.2. Skor Bagian Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara -20° - $+20^{\circ}$	1	
Lebih dari -20° atau antara 20° - $+45^{\circ}$	2	+1 Jika bahu naik
Antara $+45^{\circ}$ - $+90^{\circ}$	3	+1 Jika bahu naik
Lebih dari $+90^{\circ}$	4	+1 Jika bahu naik

b. Lengan Bawah (*Lower Arm*)

RULA - Rapid Upper Limb Assessment
Lower Arm Right
 Select the image that most reflects your working position:-



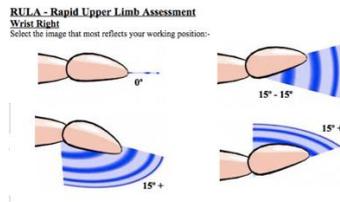
Gambar 2.3. Postur Tubuh Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)

(<http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.3. Skor Bagian Lengan Bawah

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara -60° - $+100^{\circ}$	1	+1 Jika lengan bekerja melewati garis tengah badan
Antara 0° - $+60^{\circ}$ atau lebih dari $+100^{\circ}$	2	+1 Jika keluar dari sisi tubuh

c. Pergelangan Tangan (*Wrist*)



Gambar 2.4. Postur Tubuh Bagian Pergelangan Tangan (*Wrist*)
(<http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.4. Skor Bagian Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi 0°	1	+1 Jika pergelangan tangan menjauhi sisi tengah (midline)
Antara 15°+ keatas - 15°+ kebawah	2	
Antara 15°+ keatas dan 15°+ kebawah	3	

d. Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)



Gambar 2.5. Postur Tubuh Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)
(<http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.5. Skor Bagian Putaran Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor
Posisi tengah dari putaran	+1
Posisi pada atau mendekati putaran	+2

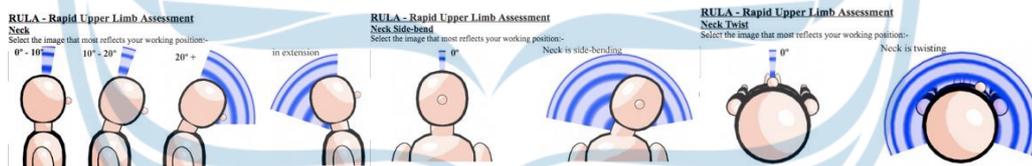
Penentuan skor postur A ditentukan setelah diketahui skor pada masing-masing bagian tubuh lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan putaran pergelangan tangan. Skor penentuan dilakukan dengan menggunakan Tabel 2.5. berikut ini.

Tabel 2.6. Skor Postur A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist posture score							
		1				2			
		Wrist Twist							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Grup B

a. Leher (Neck)



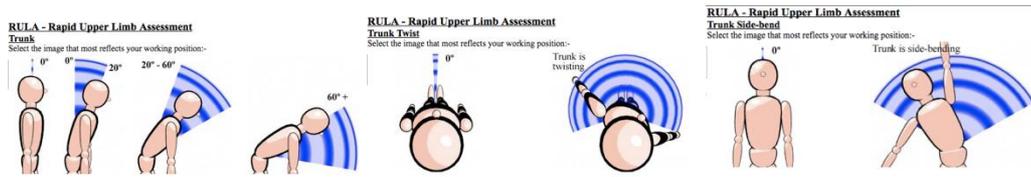
Gambar 2.6. Postur Tubuh Bagian Leher (Neck)

(<http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.7. Skor Bagian Leher

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara 0° - +10°	+1	+1 Jika leher berputar +1 jika leher bengkok / patah
Antara +10° - +20°	+2	
Lebih dari 20°	+3	
Ekstensi	+4	

b. Batang Tubuh

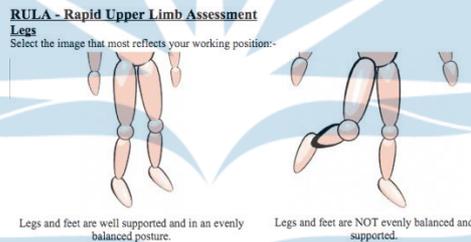


Gambar 2.7. Postur Tubuh Bagian Batang Tubuh (*Trunk*)
 (<http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.8. Skor Bagian Batang Tubuh

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi duduk -20° atau antara $0^{\circ} - +10^{\circ}$	1	+1 Jika batang tubuh berputar +1 jika batang tubuh bengkok / patah
Antara $0^{\circ} - +20^{\circ}$	2	
Antara $+20^{\circ} - +60^{\circ}$	3	
Lebih dari $+60^{\circ}$	4	

c. Kaki (*Legs*)



Gambar 2.8. Postur Bagian Kaki (*Legs*) (<http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.9. Skor Bagian Kaki

Pergerakan	Skor
Posisi kaki dan menopang dan menyeimbangkan posisi postur	+1
Posisi kaki dan tidak menopang dan tidak menyeimbangkan posisi postur	+2

Penentuan skor postur B ditentukan setelah diketahui skor pada masing-masing bagian tubuh leher, batang tubuh dan kaki. Skor penentuan dilakukan dengan menggunakan Tabel 2.9. berikut ini

Tabel 2.10. Skor Postur B

Neck	Trunk											
	1		2		3		4		5		6	
	Legs											
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Sistem pemberian skor kemudian dilanjutkan dengan menambahkan skor otot (*muscle use*) dan tenaga yang digunakan (*force/load*).

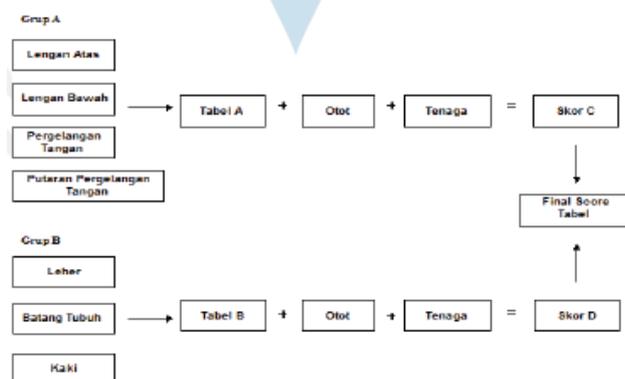
a. Skor untuk otot

Skor +1 jika postur statis (dipertahankan dalam waktu 1 menit) atau aktivitas diulang lebih dari 4 kali/menit.

b. Skor untuk tenaga

Skor 0 bila beban < 2 kg (pembebanan sesekali), Skor 1 bila beban 2-10 kg (pembebanan sesekali), Skor 2 bila beban 2-10 kg (statis atau berulang – berulang) dan Skor 3 bila beban >10 kg (berulang-ulang atau sentakan cepat)

Skor C merupakan hasil dari skor penambahan skor tabel A dengan skor otot dan tenaga yang diplotkan dengan skor penambahan skor tabel B dengan skor otot dan tenaga.



Gambar 2.9. Sistem Pemberian Skor RULA (Atamney & Corlett (1993))

Skor akhir dilakukan dengan memplotkan skor C pada kolom menurun dan Skor D pada kolom mendatar di Tabel 2.10 di bawah ini.

Tabel 2.11 Skor Akhir

		Skor B + muscle use and						
		1	2	3	4	5	6	7+
Skor B + muscle use and force	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Skor ini merupakan skor akhir yang dapat disimpulkan kedalam beberapa katagori yaitu:

- a. Skor 1 atau 2 menunjukkan bahwa postur ini bisa diterima jika tidak dipertahankan atau tidak berulang dalam periode yang lama.
- b. Skor 3 atau 4 yang menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lebih lanjut.
- c. Skor 5 atau 6 menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lanjutan dan perubahan perlu segera mungkin.
- d. Skor 7 menunjukkan bahwa kondisi ini berbahaya sehingga harus ada pemeriksaan secepatnya.

REBA merupakan salah satu metode yang digunakan dalam menganalisis pekerjaan berdasarkan postur tubuh pekerja. *Rapid Entire Body Assessment* dikembangkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn Mc Atamney merupakan ergonom dari universitas di Nottingham (University of Nottingham"s Institute of Occuptaional Ergonomic).

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 2: Locate Trunk Position

Step 3: Legs

Table A: Neck

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

Table B: Lower Arm

	1			2			3		
Wrist	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Upper Arm	1	1	2	2	1	2	3	3	4
Arm	2	1	2	3	2	3	4	4	5
Score	3	3	4	5	4	5	6	5	6
	4	4	5	6	7	8	8	9	9
	5	6	7	8	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	9	9	9	9	9

Table C: Scoring

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

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Step 11: Add Coupling Score

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Step 13: Activity 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 2.10. Worksheet REBA (Hignett & McAtamney (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, lengan pergelangan tangan dan kaki seorang operator. Selain itu metode ini juga dipengaruhi faktor *coupling*, beban eksternal yang melakukan *scoring* general pada daftar aktivitas yang mengindikasikan perlu adanya pengurangan risiko yang diakibatkan postur kerja operator (Hignett & McAtamney, 2000). REBA terbagi 2 segmen tubuh yaitu grup A dan grup B

Grup A

a. Leher (Neck)

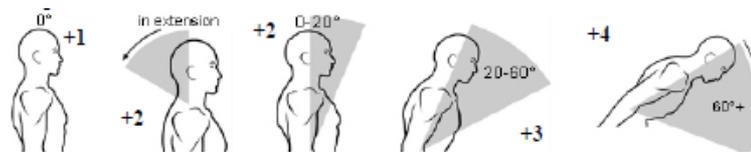


Gambar 2.11. Postur Bagian Leher

Tabel 2.12. Skor Bagian Leher (Neck)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara 0 ⁰ -20 ⁰	1	+1 jika leher berputar/bengkok
Lebih dari 20 ⁰	2	
In exstension	2	

b. Batang Tubuh (Trunk)



Gambar 2.12. Postur Bagian Tubuh

Tabel 2.13. Skor Bagian Batang Tubuh (*Thru*nk)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi 0°	1	+1 jika batang tubuh berputar/bengkok
<i>In extension</i>	2	
Antara 0°-20°	2	
Antara 20°-60°	3	
Lebih dari 60°	4	

c. Legs (kaki)



Gambar 2.13. Postur Bagian Kaki

Tabel 2.14. Skor Bagian Kaki (*Legs*)

Pergerakan	Skor
Kaki Tertopang, bobot tersebar merata, jalan atau duduk	1
Kaki tidak tertopang, bobot tersebar merata postur tidak stabil	2

Skor dari bagian dari grup A diketahui, kemudia dimasukkan dalam Tabel A dengan menggunakan Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Skor Tabel A

Tabel A	Neck												
	Legs	1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8

Tabel 2.15. Lanjutan

Tabel A	Neck												
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	8
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Nilai grup A didapatkan dari penambahan skor A dengan nilai pembebanan. Skor pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.16. Penilaian Beban

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Kurang dari 5 kg	0	+1 jika dalam keadaan kaget
Antara 5-10 kg	1	+1 jika dalam keadaan kaget
Lebih dari 10 kg	2	

Grup B

a. Lengan Atas (*Upper Arm*)

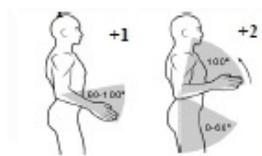


Gambar 2.14. Postur Lengan Atas

Tabel 2.17. Skor Bagian Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara -20° - $+20^{\circ}$	1	+1 jika bahu naik +1 jika lengan berputar/bengkok
<i>In extension</i> Lebih dari $+20^{\circ}$	2	
Antara 20° - 45°	2	
Antara 45° - 90°	3	
Lebih dari 90°	4	

b. Lengan Bawah



Gambar 2.15. Postur Lengan Bawah

Tabel 2.18. Skor Bagian Lengan Bawah

Pergerakan	Skor
Antara 60 ⁰ -100 ⁰	1
Antara 0 ⁰ -60 ⁰ atau dari 100 ⁰	2

c. Pergelangan Tangan



Gambar 2.16. Postur Pergelangan Tangan

Tabel 2.19. Skor Bagian Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi- 15 ⁰ - +15 ⁰	1	+1 jika pergelangan tangan menjauhi sisi tengah
Kurang dari -15 ⁰ atau lebih dari 15 ⁰	2	

Skor masing-masing nantinya akan diplotkan kedalam Tabel B. Penentuan skor dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.20. Skor Tabel B

Tabel B	Lower Arm						
		1			2		
Upper Arm	Wrist	1	2	3	1	2	3
	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Nilai Grup B didapatkan dari penambahan skor B dengan nilai genggamannya. Penilaian genggamannya dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2.21. Penilaian Genggaman

Pergerakan	Skor
Kondisi baik, pegangan mudah di genggam	0
Cukup baik, pegangan cukup baik tapi tidak ideal	+1
Kurang baik, pegangan tidak baik meskipun dapat digunakan	+2
Tidak aman atau tidak ada pegangan	+3

Tabel 2.22. Skor Tabel C

Score A (Table A+load)	Tabel C											
	Tabel B (tabll B value + couplings core)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	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	10	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

Skor Akhir didapatkan dari kombinasi nilai akhir skor grup A yang diplotkan dengan nilai akhir skor grup B pada Tabel C. Tabel C dapat dilihat pada Tabel 2.22

Skor REBA didapatkan dari Skor Tabel C ditambah dengan skor nilai aktivitas. Skor penilaian aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2.23. Penilaian Aktivitas

Pergerakan	Skor
Jika satu atau lebih bagian tubuh pada posisi statis, misalkan postur tetap selama lebih dari 1 menit	1
Jika terjadi aktivitas yang berulang pada area yang relatif kecil, misalkan berulang lebih dari 4 kali/menit (tidak termasuk jalan)	1
Jika aktivitas menyebabkan perubahan besar atau pada pijakan yang tidak stabil	1

Skor hasil kombinasi postur kerja dan penambahan aktivitas dapat diklasifikasikan level risiko. Tabel 2.24 merupakan tabel katagori level katagori dan tindakan.

Tabel 2.24. Kategori Level Risiko dan Tindakan

Skor REBA	Level Tindakan	Kategori	Tindakan
1	0	Minimum	Aman
2-3	1	Kecil	Mungkin perlu dilakukan tindakan
4-7	2	Sedang	Diperlukan beberapa waktu ke depan
8-10	3	Tinggi	Tindakan dalam waktu dekat
11-12	4	Sangat tinggi	Tindakan sekarang juga

2.2.5. Keluhan *Musculoskeletal*

Keluhan pada sistem *musculoskeletal* adalah keluhan pada bagian-bagian otot rangka atau skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen atau tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal* (Grandjean, 1993) dalam (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004). Secara garis besar keluhan musculoskeletal dapat dikelompokkan menjadi dua menurut Tarwaka, HA, & Sudiajeng (2004), yaitu:

- a. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pemberian beban dihentikan.

- b. Keluhan tetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap walaupun pembebanan dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Pengukuran dan mengenali sumber penyebab untuk melakukan evaluasi ergonomi terdapat banyak cara, antara lain *check list*, model bio mekanik, tabel psikofisik, model fisik, pengukuran dengan video tape, pengamatan melalui monitor, metode analitik dan *Nordic Body Map*.

Scott dkk (2009) berpendapat bahwa sistem *musculoskeletal* adalah sistem tubuh yang terdiri dari sistem tulang, otot dan jaringan ikat (tendon, ligamen, fasia, tulang rawan) yang mendukung dan melindungi organ tubuh manusia, dan merupakan dasar dari semua gerak.

Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSD) adalah berbagai kondisi yang ditandai dengan rasa tidak nyaman atau rasa sakit dan / atau disfungsi pada sendi, otot, tendon atau jaringan lunak tubuh lainnya yang timbul dari, atau berhubungan dengan kerja. Rasa sakit paling umum dari WMSD biasanya berhubungan dengan penanganan beban secara manual; postur canggung atau statis; atau yang timbul dari getaran. Gangguan leher, bahu, lengan dan tangan dapat disebut sebagai *repetition strain injury* (RSI) atau *cumulative trauma disorder* (CTD). Faktor umum penyebab WMSD menurut Jäger (2003) ditunjukkan melalui Tabel 2.25 sebagai berikut:

Tabel 2.25. Faktor Umum Penyebab *Work Related Musculoskeletal Disorders*

Factor	Possible result or consequence	Example	Good practice example or solution
<i>Exertion of high intensity forces</i>	<i>Acute overloading of the tissues</i>	<i>Lifting, carrying, pushing, pulling heavy objects</i>	<i>Avoid manual handling of heavy objects</i>
<i>Handling heavy loads over long periods of time</i>	<i>Degenerative diseases especially of the lumbar spine</i>	<i>Manual materials-handling</i>	<i>Reduce mass of objects or number of handlings per day</i>
<i>Frequently repeated manipulation of objects</i>	<i>Fatigue and overload of muscular structures</i>	<i>Assembly work long time typing, check-out work</i>	<i>Reduce repetition frequency</i>
<i>Working in unfavourable posture</i>	<i>Overload of skeletal and muscular elements</i>	<i>Working with heavily bent or twisted trunk, or hands and arms above shoulders</i>	<i>Working with an upright trunk and the arms close to the body</i>

Tabel 2.25. Tabel lanjutan

Factor	Possible result or consequence	Example	Good practice example or solution
<i>Static muscular load</i>	<i>Long-lasting muscular activity and possible overload</i>	<i>Working overhead, working in a confined space</i>	<i>Repeated change between activation and relaxation of muscles</i>
<i>Muscular inactivity</i>	<i>Loss of functional capacity of muscles, tendons and bones</i>	<i>Long-term sitting with low muscular demands</i>	<i>Repeated standing up, stretching of muscles, remedial gymnastics, sports activities</i>
<i>Monotonous repetitive manipulations</i>	<i>Unspecific complaints in the upper extremities (RSI)</i>	<i>Repeated activation of the same muscles without relaxation</i>	<i>Repeated interruption of activity and pauses alternating tasks</i>
<i>Application of vibration</i>	<i>Dysfunction of nerves reduced blood flow, degenerative disorders</i>	<i>Use of vibrating hand-tools, sitting on vibrating vehicles</i>	<i>Use of vibration attenuating tools and seats</i>
<i>Physical environmental factors</i>	<i>Interaction with mechanical load and aggravation of risks</i>	<i>Use of hand-held tools at low temperatures</i>	<i>Use gloves and heated tools at low temperatures</i>
<i>Psychosocial factors</i>	<i>Augmentation of physical strain, increase in absence from work</i>	<i>High time pressure, low job decision latitude, low social support</i>	<i>Job rotation, job enrichment, reduction of negative social factors</i>

2.2.6. Kuesioner Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) adalah salah satu cara untuk mengenali sumber penyebab untuk melakukan evaluasi ergonomi. Kuesioner *Nordic Body Map* yang paling sering digunakan untuk mengetahui tingkat kenyamanan pada para pekerja, dan kuesioner ini paling sering digunakan karena sudah terstandar dan tersusun rapi (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004). Pengisian kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui bagian tubuh dari pekerja yang terasa sakit sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan. Kuesioner ini menggunakan Gambar 9

bagian utama tubuh yaitu:

- a. Leher
- b. Bahu
- c. Punggung bagian atas
- d. Siku
- e. Punggung bawah
- f. Pergelangan tangan bawah
- g. Pergelangan tangan
- h. Pinggang
- i. Lutut
- j. Rumit

Nordic Body Map (NBM) dapat dilihat pada Gambar 2.17 yang sering digunakan untuk mengetahui keluhan pada bagian-bagian tubuh.

Standardized Nordic Questionnaire for Analysis of Musculoskeletal Symptoms

Cara mengisi kuesioner: Jawab dengan cara memberi tanda silang pada kotak yang disediakan-1 tanda silang tiap 1 pertanyaan. Dimohon untuk menjawab seluruh pertanyaan meskipun belum pernah mengalami masalah di bagian tubuh tertentu. Terdapat gambar posisi bagian tubuh yang menunjukkan bagian yang ditanyakan dalam kuesioner.



No	Apakah anda setiap saat selama 12 bulan terakhir mengalami keluhan di bagian tubuh dibawah ini?:	Diisi bagi yang memiliki keluhan	
		Apakah anda selama 12 bulan terakhir telah mengantisipasi keluhan tersebut?	Apakah anda selama 7 hari terakhir ini masih mengalami keluhan tersebut?
1	Leher	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
2	Pundak	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
3	Lengan Atas	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
4	Siku tangan	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
5	Lengan Bawah	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
6	Telapak Tangan	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
7	Punggung atas	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
8	Punggung bawah	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
9	Paha	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
10	Lutut	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
11	Betis	<input type="checkbox"/> Kiri <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Keduanya	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
12	Angkel/ telapak kaki	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak

Gambar 2.17. Nordic Body Map (Chaffin(2006))

Metode *Nordic Body Map* merupakan metode penilaian yang sangat subjektif artinya keberhasilan aplikasi metode ini sangat tergantung dari kondisi dan situasi yang dialami pekerja pada saat dilakukannya penelitian dan juga tergantung dari keahlian dan pengalaman pengamat yang bersangkutan. Kuesioner *Nordic Body Map* ini telah secara luas digunakan oleh para ahli ergonomi untuk menilai tingkat gangguan pada sistem *musculoskeletal* dan mempunyai validitas dan *reability* yang cukup (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004)

2.2.7. Biomekanika

Frankel dan Nordin (1980) dalam kutipan Chaffin & Andersson (1999) berpendapat biomekanika adalah ilmu yang menggunakan hukum fisika dan konsep teknik untuk menggambarkan gerak yang dialami berbagai segmen tubuh dan gaya yang bekerja pada bagian tubuh tersebut selama melakukan kegiatan.

Wignjosoebroto dkk (2010) berpendapat biomekanika umum adalah bagian dari biomekanika yang berbicara mengenai hukum-hukum dasar yang mempengaruhi tubuh organik manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak. Biostatik adalah bagian biomekanika umum yang hanya menganalisis bagian tubuh dalam keadaan diam maupun bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam. Biodinamik adalah bagian biomekanika umum yang berkaitan dengan gerakan-gerakan tubuh tanpa mempertimbangkan gaya yang terjadi dan gaya yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh. *Occupational biomechanics* didefinisikan sebagai bagian dari mekanik terapan yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material, dan peralatan dengan tujuan untuk meminimalkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktivitas kerja dapat meningkat.

2.2.8. Gaya dan Momen

Gaya didefinisikan sebagai aksi suatu benda terhadap benda lainnya. Gaya merupakan besaran vektor, karena akibat yang ditimbulkannya bergantung pada arah selain hukum jajaran genjang dari kombinasi vektor.

$$F = m \times a \quad (2.1)$$

Keterangan

F= Gaya (Newton)

M = Massa beban (Kg)

a = Percepatan (m/s^2)

Keseimbangan Translasional

$$\sum F_y = 0 \text{ (untuk arah vertikal)} \quad (2.2)$$

$$\sum F_x = 0 \text{ (untuk arah horizontal)} \quad (2.3)$$

Keseimbangan Rotasional

Momen gaya adalah hasil kali gaya dan jarak terpendek arah garis kerja terhadap titik tumpu.

$$t = F \cdot d \quad (2.4)$$

$$\Sigma M = 0 \quad (2.5)$$

2.2.9. Model Biomekanika

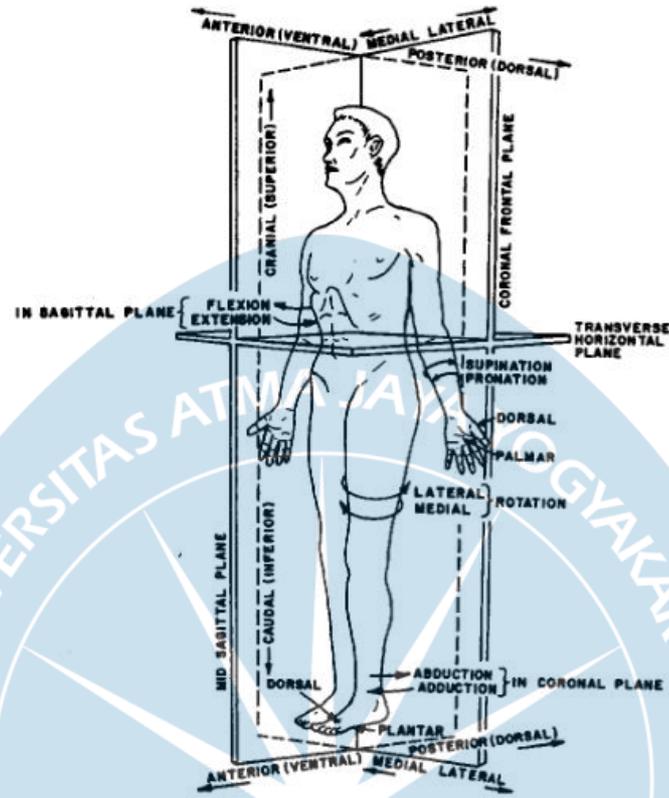
Model biomekanika pada umumnya digambarkan dalam bentuk *freebody diagram (FBD)*. *Freebody diagram* adalah suatu garis-garis yang menampilkan semua gaya, jarak, berat benda yang bekerja di dalam tubuh. Menurut Philip (2000) *Freebody diagram* merupakan langkah penting dalam memecahkan masalah mekanika karena:

1. Model dapat memudahkan pengamat untuk memahami lebih dalam sistem yang akan dianalisis lebih detail, selain itu model membantu memprediksi reaksi sistem terhadap suatu bentuk perlakuan. Model dapat menunjukkan gambar suatu fenomena kompleks menjadi lebih sederhana dan mudah dipahami.
2. Metode model biomekanika dapat membantu pengukuran gaya dan momen yang bekerja dalam tubuh seseorang. Gaya dan momen yang dihasilkan tersebut selanjutnya dapat dijadikan alasan seseorang memiliki potensi cedera saat melakukan pengangkatan terhadap suatu benda.
3. Metode model biomekanika dapat menunjukkan analisis terhadap pekerjaan-pekerjaan fisik sampai pada kondisi ekstrim. Dengan menggunakan model ini, analisis terkait dengan hal tersebut akan lebih mudah dilakukan karena jika dilakukan secara langsung dapat mengancam keselamatan pekerja.

Prosedur umum analisis biomekanika menurut Philips (2000) adalah sebagai berikut:

1. Membuat *Freebody Diagram (FBD)* dari elemen-elemen sistem dan identifikasi gaya-gaya eksternal yang diketahui besarnya dan yang tidak diketahui besarnya.
2. Tetapkan sumbu x-y dan tentukan arah gerakan translasi dan rotasi.
3. Susun persamaan secara translasi dan rotasi berdasarkan FBD.
4. Selesaikan persamaan secara simultan untuk menghitung parameter-parameter yang tidak diketahui.
5. Pastikan arah, satuan gaya, dan momen dalam perhitungan.

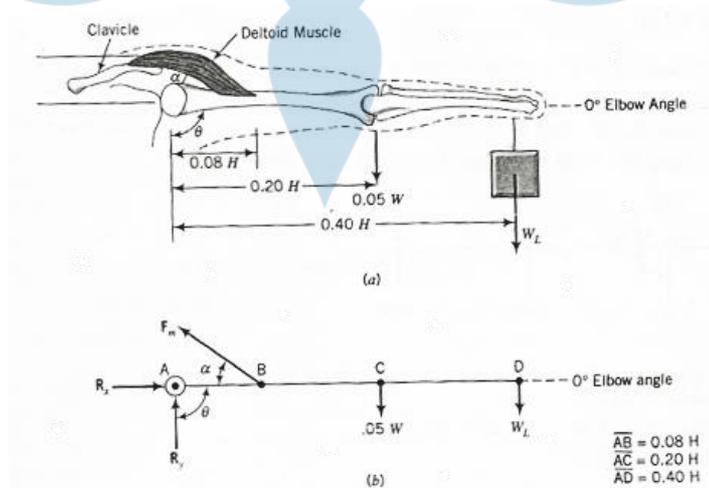
Bidang tubuh manusia berdasarkan Chaffin (1999) adalah seperti pada Gambar 2.2 berikut



Gambar 2.18. Pembagian Bidang Tubuh Manusia

2.2.9.1. Lengan Tangan

Freebody diagram untuk bagian tubuh lengan tangan menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



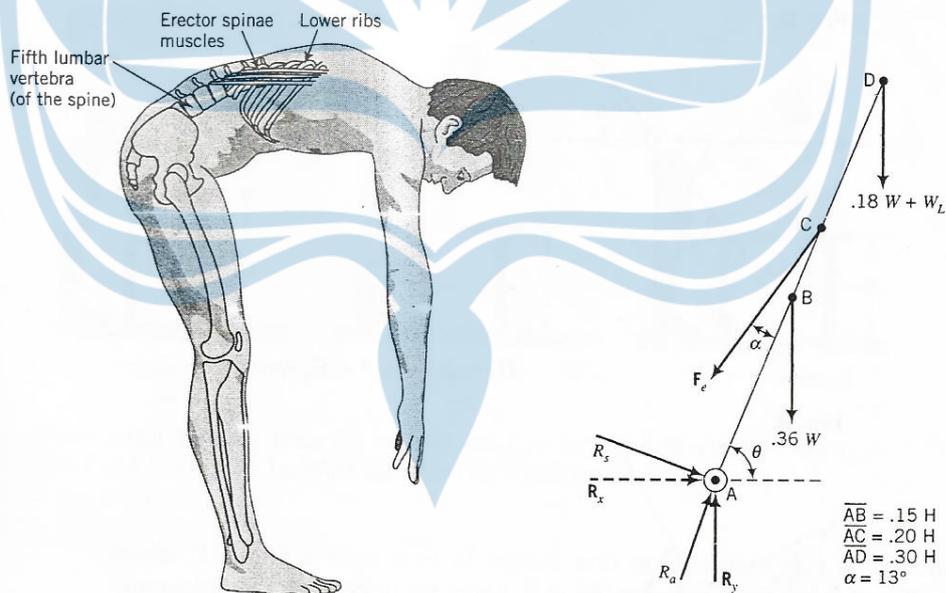
Gambar 2.19. Freebody Diagram Lengan Tangan

Keterangan:

- WC(berat segmen dititik A) =0.05W
- WL (berat benda yang dibawa pekerja)
- \overline{AB} (panjang segmen A ke B) = 0,08 H
- \overline{AC} (panjang segmen A ke C) = 0,2 H
- \overline{CD} (panjang segmen C ke D) = 0,2 H
- \overline{AE} (panjang segmen A ke E) =0.1 H
- \overline{CF} (panjang segmen C ke F) =0.085H
- α (sudut yang dibentuk otot deltoid)
- FM (gaya di otot deltoid)
- RX (reaksi gaya horizontal)
- RY (reaksi gaya vertikal)

2.2.9.2. Punggung

Freebody diagram untuk bagian tubuh punggung menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



Gambar 2.20. Freebody Diagram Punggung

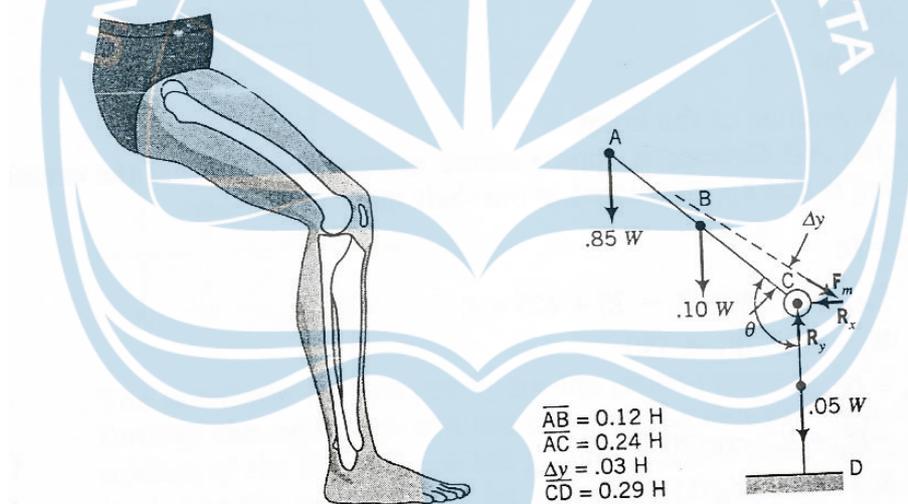
Keterangan:

- Fe = gaya otot pada tulang belakang di titik C
- W = berat pekerja yang diamati
- WL = berat beban yang dibawa pekerja
- Rx = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya vertikal pada sendi
 α = 130 sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot F_e
 θ = sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis horizontal
 WB (berat segmen tubuh tulang belakang) = 0,36W
 WD (berat segmen tubuh atas punggung bagian leher dan kepala) = 0,18W
 H = tinggi tubuh pekerja yang diamati
 \overline{AB} (jarak antara titik A ke B) = 0,15H
 \overline{AC} (jarak antara titik A ke C) = 0,20H
 \overline{AD} (jarak antara titik A ke D) = 0,30H

2.2.9.3. Kaki.

Freebody diagram untuk bagian tubuh kaki menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



Gambar 2.21. Freebody Diagram Kaki

Keterangan:

F_m = gaya otot quadriceps
 W = berat pekerja yang diamati
 WA (berat bagian atas pinggang dititik A) = 0,85W
 WB (berat segmen paha) = 0,10W
 WE (berat segmen betis) = 0,05W
 C = lutut kaki
 D = telapak kaki
 R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

- Ry = reaksi gaya horizontal vertical pada sendi
- Δy = 0,03H (jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot quadriceps)
- θ = sudut yang dibentuk antara paha dan kaki
- H = tinggi tubuh pekerja yang diamati
- \overline{AB} (jarak antara titik A ke B) = 0,12H
- \overline{AC} (jarak antara titik A ke C) = 0,24H
- \overline{CD} (jarak antara titik C ke D) = 0,29H

2.2.10. Produktivitas

Secara umum dapat dikatakan bahwa produktivitas adalah perbandingan dari berbagai keluaran dan masukan. Keluaran adalah hasil yang bermanfaat bagi manusia yang diperoleh melalui kegiatan dalam bentuk barang atau jasa, sedangkan masukan adalah sumber daya. Model pengukuran produktivitas dengan pendekatan rasio *output/input*. Pendekatan rasio *output/input* merupakan model pengukuran produktivitas yang paling sederhana yang menghasilkan 3 jenis ukuran yaitu produktivitas parsial, produktivitas faktor total dan produktivitas total. Produktivitas parsial atau disebut juga faktor tunggal adalah rasio dari *output* terhadap salah satu jenis *input*. Perhitungan produktivitas parsial terdapat produktivitas tenaga kerja, material, modal, energi dan *input* lainnya.

2.2.11. Uji Statistik

Uji statistik diperlukan untuk menguji data yang diperoleh dan dianalisis dengan menggunakan *software*. Terdapat beberapa *software* salah satunya adalah minitab. Program minitab merupakan salah satu *software* yang sangat besar kontribusinya sebagai media pengolahan data statistik. *Software* ini menyediakan berbagai jenis perintah yang memungkinkan proses pemasukan data, manipulasi data, pembuatan grafik dan berbagai analisis statistik (Triyanto, 2009). Uji yang dilakukan adalah uji normalitas untuk membuktikan bahwa data yang didapat tidak menyimpang sedangkan metode *Paired T-Test* untuk membandingkan 2 rata-rata sampel sesudah dan sebelum perbaikan.