

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Para peneliti terdahulu cukup banyak yang sudah melakukan penelitian untuk melakukan analisis postur kerja dan biomekanika pada pekerja yang bertujuan untuk mengurangi resiko cedera akibat kerja, diantaranya Wignjosoebroto dkk (2006), Helianty dkk (2009), Tuhumena dkk (2014), Hermawan dan Mariawati (2015), Kushwaha dan Kane (2015), Kurniantono (2016), dan Bastian (2016)

Wignjosoebroto dkk (2006) melakukan analisis biomekanika pada pekerja mesin bubut dalam industri logam. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan merancang meja dan kursi untuk mengurangi masalah *back injury* dan tingkat kecelakaan kerja. Kuisoner *Norbic Body Map* digunakan untuk mengetahui keluhan bagian tubuh dari pekerja. Setelah mengetahui bagian tubuh pekerja yang mengalami keluhan maka dilakukan analisis biomekanika di bagian yang mengalami keluhan yaitu lengan atas, lengan bawah, punggung, paha, dan betis. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan membuat fasilitas atau alat bantu kerja bubut yang lebih ergonomis. Indikator penurunan resiko cedera akibat kerja ditunjukkan dengan penurunan gaya yang diterima segmen tubuh.

Penelitian yang dilakukan oleh Helianty dkk (2009) mengenai analisis biomekanika pada pekerja serut mengurangi resiko cedera dan memperbaiki postur kerja operator. Dalam penelitian tersebut digunakan kuisoner *Nordic Body Map* untuk mengetahui keluhan pekerja, dan dimensi *anthropometri* digunakan untuk merancang meja mesin serut. Analisis biomekanika digunakan untuk membandingkan gaya pada tiap segmen tubuh sebelum dan sesudah perbaikan.

Penelitian yang dilakukan oleh Tuhumena dkk (2014) juga menggunakan Kuisoner *Nordic Body Map* untuk melihat bagian tubuh mana saja yang mengalami keluhan oleh pekerja las. Postur kerja dinilai menggunakan metode *BRIEF Survey*. *Software Manequin Pro* digunakan untuk melakukan analisis biomekanika. Perbaikan yang dilakukan agar dapat memperbaiki postur kerja dengan membuat fasilitas kerja las yang lebih ergonomis. Indikator penurunan resiko cedera ditunjukkan dengan penurunan besar momen (Nm) yang diterima oleh bagian tulang belakang.

Hermawan dan Mariawati (2015) menggunakan RULA dalam melakukan analisis penilaian postur kerja di stasiun kerja *Truss and Roof*. Perbaikan yang dilakukan agar dapat memperbaiki postur dengan membuat *prototype* dari fasilitas kerja pegangan material yang lebih ergonomis. Indikator penurunan resiko cedera ditunjukkan dengan penurunan gaya tekan pada bagian tulang belakang.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Kushwaha dan Kane (2015) mengenai penilaian ergonomi dan perancangan stasiun kerja yang ergonomi pada kabin mesin *shipping crane* industri baja di Negara India. Keluhan otot MSD dianalisis dengan kuisoner rinci dari 27 pekerja *crane*. Sebagian besar pekerja tersebut mengeluhkan nyeri otot terus menerus di bagian tubuh yang berbeda. Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa perancangan kabin *crane* yang ergonomi dapat mengurangi resiko cedera akibat ketidakcocokan antara manusia dan mesin.

Kurniantono (2016) melakukan penelitian pada pekerja bagian pemotongan dengan mesin *table saw* di UD. Kelapa Budaya Klaten. Kuisoner *Nordic Body Map* digunakan untuk mengetahui bagian tubuh pekerja yang mengalami keluhan. Analisa biomenika dilakukan pada seluruh bagian tubuh pekerja yang menalami keluhan. Penilaian postur kerja menggunakan *REBA*. Perbaikan yang dilakukan dengan cara merancang fasilitas kerja mesin *table saw* agar lebih ergonomis. Indikator penurunan resiko cedera ditunjukkan dengan penurunan gaya pada seluruh bagian tubuh yang mengalami keluhan.

Bastian (2016) melakukan penelitian tentang VCM (*Voice Call Magnet*) *Hand Tool* di Western Digital (Thailand) Co., Ltd yang memproduksi Hardisk internal dan eksternal. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan menggunakan kuisoner *Nordic Body Map* terhadap 4 pekerja pada proses CO₂. Tujuan dari penelitian tersebut untuk melakukan analisis biomekanika dan postur kerja terhadap bagian tangan pekerja. Penilaian postur pekerja menggunakan RULA, sedangkan bentuk perbaikan yang dilakukan adalah dengan merancang fasilitas baru berupa *VCM Hand Tool*.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di sebuah Industri Kecil dan Menengah Yungki Edutoys Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbaikan postur kerja pada proses *polishing* menggunakan analisis biomekanika

untuk mengurangi keluhan *musculoskeletal* dan menurunkan waktu proses di bagian *polishing*. Keluhan yang dirasakan oleh pekerja akan diidentifikasi menggunakan instrument kuisioner *Nordic Body Map (NBM)*. Sedangkan analisis untuk menilai postur kerja akan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*, dan analisis waktu proses.

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, <i>anthropometri</i> , keselamatan dan kesehatan kerja	Rancangan meja kursi Pekerja mesin bubut
Helianty dkk (2009)	Pekerja mesin serut	NBM, biomekanika dan <i>anthropometri</i>	Rancangan meja mesin serut
Tuhumena dkk (2014)	Pekerja las	NBM, <i>anthropometri</i> , biomekanika (<i>Software Mannequin Pro</i>)	Rancangan <i>Jig And Fixture</i>
Hermawan dan Mariawati (2015)	Pekerja <i>Truss and Roof</i>	RULA, <i>anthropometri</i> dan biomekanika	Rancangan rak
Kushwaha dan Kane (2015)	Pekerja <i>crane</i>	<i>Detailed questionnaire</i> , <i>anthropometri</i> , RULA	Rancangan <i>crane cabin</i> (<i>Software Catia-V5</i>)
Kurniantono (2016)	Pekerja mesin <i>table saw</i>	NBM, biomekanika, REBA, dan waktu proses	Rancangan <i>fence</i> dan pendorong kayu
Bastian (2016)	Pekerja CO ₂ <i>process</i>	NBM, biomekanika pada tangan, RULA dan waktu proses	Rancangan VCM <i>Hand Tool</i>
Penyusun	Pekerja mesin <i>polisher</i>	NBM, biomekanika, Perbandingan postur, RULA dan waktu proses	Rancangan mesin <i>polisher</i>

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Ergonomi

Ergonomi adalah sebuah cabang ilmu yang mempelajari tentang aspek-aspek dan perilaku manusia dalam lingkungan kerja. Istilah ergonomi sendiri berasal dari Bahasa Latin yaitu *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam), sehingga ergonomi dapat didefinisikan sebagai suatu studi yang mempelajari tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerja yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan untuk mendapatkan suasana kerja yang sesuai dengan manusianya (Nurmianto, 2003). Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi untuk mengenal sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja yang baik sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu, sehingga dapat mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien. (Sutalaksana, 2006)

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu, seni, dan penerapan teknologi untuk menyasrakan dan menyeimbangkan antara segala segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik secara fisik maupun mental sehingga dapat memperbaiki kualitas hidup secara keseluruhan. (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Penerapan ergonomi pada umumnya meliputi kegiatan dalam perancangan maupun perancangan ulang yang bertujuan untuk mencapai kualitas hidup yang baik. Tarwaka & Sudiajeng (2004) menyebutkan tujuan ergonomi secara umum penerapannya 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 mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek, yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Sudut pandang ergonomi dalam melihat tuntutan tugas dengan kapasitas kerja harus selalu dalam garis keseimbangan sehingga mencapai performa kerja yang tinggi. Tuntutan tugas pekerjaan tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh terlalu berlebihan (*overload*) karena keduanya dapat menyebabkan stress (Tarwaka, 2004).

2.2.2. Anatomi Sistem Musculoskeletal

Dalam setiap melakukan analisis postur tubuh manusia diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik dalam sistem kerangka, otot, dan jaringan penghubung sebagai berikut :

- a. Sistem rangka dalam analisis postur tubuh berfungsi untuk menggambarkan dasar dari bentuk tubuh, penentuan tinggi seseorang, sebagai pelindung organ dalam, sebagai tempat melekatnya otot, mengganti sel-sel yang telah rusak, memberikan sistem sambungan untuk gerak pengendali, dan menyerap reaksi dari gaya serta beban kejut (Nurmianto, 2003). Sistem rangka terdiri dari rangka atau tulang-tulang ekstremitas atas, tulang-tulang ekstremitas bawah, dan lengkung kaki. Tulang-tulang ekstremitas atas terdiri dari: *skapula* dan *klavikula* yang membentuk gelang bahu, *humerus*, *radius* dan *ulnar* yang membentuk lengan bawah, 8 tulang *karpal*, 5 tulang *metakarpal*, serta 14 *falanges*. Tulang-tulang *ekstremitas* bawah terdiri dari tulang pinggul yang membentuk sebagian dari panggul (*pelvis*), *femur*, *patella*, *tibia* dan *fibula* yang membentuk tungkai bawah, 7 tulang *tarsalia*, 5 tulang *metatarsal*, serta 14 *falanges*. Lengkung kaki terdiri dari: lengkung *medial* yang sangat elastis, lengkung *lateral* yang kuat dan terbebas geraknya, serta terdapat sejumlah lengkung *transversal* (Watson, 1997).
- b. Sistem otot (*Muscular*) terdiri dari sejumlah besar otot yang bertanggung jawab atas gerakan tubuh. Otot terbentuk atas fiber yang berukuran panjang dari 10 hingga 400 mm dan berdiameter 0,01 hingga 0,1 mm. Otot utama terdiri dari otot kepala, otot leher, otot tubuh, otot anggota gerak atas, dan anggota gerak bawah (Watson, 1997).
- c. Jaringan penghubung yang terpenting dalam pada sistem kerangka dan otot adalah *ligamen*, *tendon*, dan *fasciae*. Jaringan tersebut terdiri dari kolagen, dan serabut-serabut elastis dalam beberapa proporsi. *Tendon* berfungsi sebagai penghubung antara otot dan tulang yang terdiri dari sekelompok serabut kolagen yang letaknya parallel dengan panjang *tendon*. Ligamen

berfungsi sebagai penghubung antara tulang dengan tulang untuk stabilitas sambungan. Ligamen tersusun atas serabut yang letaknya tidak parallel. Oleh karena itu tendon dan ligament bersifat inelastic dan berfungsi untuk menahan deformasi. Adanya tegangan konstan dapat memperpanjang ligamen dan menjadikannya kurang efektif dalam menstabilkan sambungan. Jaringan *fasciae* memiliki fungsi sebagai pengumpul sekaligus pemisah otot dan sebagian besar merupakan serabut elastis dan mudah sekali terderformasi (Nurmianto, 2003).

2.2.3. Keluhan Musculoskeletal

Musculoskeletal disorders (MSDs) atau keluhan *musculoskeletal* adalah rasa sakit ringan hingga sangat sakit yang timbul di bagian otot-otot rangka yang dirasakan oleh seseorang. Aktivitas dengan tingkat pengulangan/repetisi yang tinggi dengan beban yang statis dapat menyebabkan kerusakan pada sendi, otot dan jaringan yang menimbulkan rasa sakit. Kerusakan inilah yang biasanya disebut dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal* seperti yang diungkapkan oleh Grandjaen (1993) dalam (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Berikut adalah beberapa MSDs yang dapat diakibatkan oleh postur tubuh yang tidak tepat.

- a. *Low Back Pain*, yaitu rasa sakit yang dialami seseorang pada daerah tulang *lumbosacral*, pantat, hingga kaki bagian atas yang biasanya terjadi karena penipisan intervebral disk atau kekurangan cairan pada disk. Hal ini biasanya terjadi pada pekerja yang sering melakukan pengangkatan manual (Bridger, 2003)
- b. *Buristis* merupakan pembekakan dan inflamasi pada rongga yang berisi cairan pelumas sendi sehingga menyebabkan rasa sakit dan nyeri serta ketebatasan gerak (Bridger, 2003)
- c. *Spain* dan *Strains* terjadi akibat ligament atau otot terlalu tertekan karena adanya postur yang memberi beban terhadap tubuh (Bridger, 2003)
- d. *Trigger finger* merupakan keadaan kaku dan gemetar pada jari-jari akibat adanya gerakan berulang serta penggunaan jari-jari yang berlebihan atau terus menerus (Bridger, 2003)
- e. *Ganglion cyst* merupakan benjolan di bawah kulit yang diakibatkan oleh akumulasi cairan pada lapisan tendon. Hal ini sering ditemukan pada tangan dan pergelangan tangan (Humantech, 1995)

- f. *Tenosynovitis*, yaitu adanya inflamasi tendon serta pembengkakan pada pergelangan tangan akibat aktivitas yang berlebihan atau beban dan pergerakan yang berlebihan.

Menurut Tarwaka & Sudiajeng (2004) keluhan *musculoskeletal* secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- a. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan pada otot yang terjadi akibat otot menerima beban statis, tetapi keluhan atau rasa sakit tersebut akan hilang segera setelah pemberian beban dihentikan.
- b. Keluhan tetap (*persistent*), yaitu keluhan pada otot yang bersifat tetap walaupun pemberian beban telah dihentikan dan rasa sakit tersebut tetap terus berlanjut.

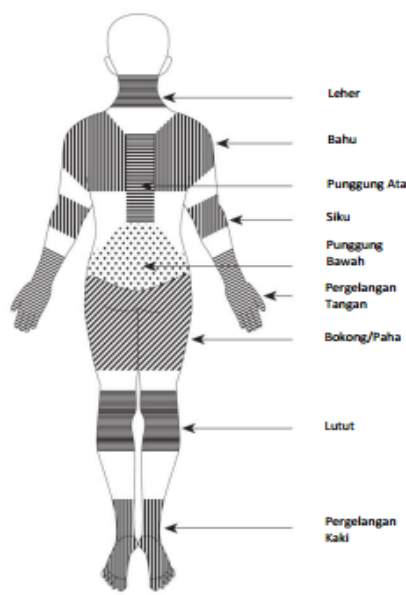
Cara mengenali dan mencari sumber penyebab dari keluhan *musculoskeletal* untuk melakukan perbaikan serta evaluasi berbasis ergonomi dapat menggunakan beberapa cara antara lain check list, pemodelan biomekanika, metode analitik, dan kuisioner *nordic body map*.

2.2.4. Nordic Body Map (NBM)

Kuisioner *Nordic Body Map* merupakan salah satu cara untuk dapat mengenali sumber-sumber penyebab keluhan *musculoskeletal* untuk melakukan evaluasi serta perbaikan ergonomi. Kuisioner ini sangat sering digunakan untuk mengenali dan mengetahui ketidaknyamanan pada para pekerja, dan kuisioner ini paling sering digunakan karena sudah terstandarisasi dan tersusun dengan rapi (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Kuisioner ini bertujuan untuk mengetahui bagian tubuh mana yang sering dirasakan sakit oleh pekerja baik sebelum melakukan pekerjaan atau sesudahnya. Berikut adalah kuisioner *Nordic Body Map*.

Mohon berikan informasi tentang masalah apapun (seperti sakit, nyeri, atau tidak nyaman) yang Anda rasakan pada bagian tubuh seperti ditunjukkan pada area yang diarsir pada diagram berikut.

Silakan beri tanda centang (✓) pada salah satu kotak untuk setiap pertanyaan berikut.



Bagian Tubuh	Apakah dalam 12 bulan terakhir Anda pernah memiliki masalah (sakit, nyeri, tidak nyaman) pada bagian tubuh ini?	Selama 12 bulan terakhir, apakah Anda terhalang dalam menjalankan aktivitas normal karena masalah tersebut pada bagian tubuh ini?	Apakah dalam 7 hari terakhir Anda pernah memiliki masalah (sakit, nyeri, tidak nyaman) pada bagian tubuh ini?
LEHER	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya
BAHU	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada bahu kanan ☐ Ya, pada bahu kiri ☐ Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada bahu kanan ☐ Ya, pada bahu kiri ☐ Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri
PUNGGUNG ATAS	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya
SIKU	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada siku kanan ☐ Ya, pada siku kiri ☐ Ya, pada kedua siku kanan dan kiri	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada siku kanan ☐ Ya, pada siku kiri ☐ Ya, pada kedua siku kanan dan kiri
PUNGGUNG BAWAH	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya
PERGELANGAN TANGAN	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada pergelangan tangan kanan ☐ Ya, pada pergelangan tangan kiri ☐ Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada pergelangan tangan kanan ☐ Ya, pada pergelangan tangan kiri ☐ Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri
BOKONG/PAHA	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada bokong/paha kanan ☐ Ya, pada bokong/paha kiri ☐ Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada bokong/paha kanan ☐ Ya, pada bokong/paha kiri ☐ Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri
LUTUT	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada lutut kanan ☐ Ya, pada lutut kiri ☐ Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada lutut kanan ☐ Ya, pada lutut kiri ☐ Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri
PERGELANGAN KAKI	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada pergelangan kaki kanan ☐ Ya, pada pergelangan kaki kiri ☐ Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri	☐ Tidak pernah ☐ Ya	☐ Tidak pernah ☐ Ya, pada pergelangan kaki kanan ☐ Ya, pada pergelangan kaki kiri ☐ Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri

Gambar 2.1. Kuisioner Nodic Body Map

(sumber : Widanarko, dkk. 2016. Instrumen Survei Gangguan Otot-Rangka)

Metode *Nordic Body Map* merupakan metode penilaian yang sangat subyektif karena keberhasilan dalam aplikasi metode ini sangat bergantung dari kondisi dan situasi yang dialami oleh pekerja pada saat dilakukannya observasi, dan juga bergantung pada keahlian dan pengalaman dari observer yang bersangkutan. Kuinsoner *Nordic Body Map* telah banyak digunakan oleh para ahli ergonomi untuk menilai keluhan dan tingkat keparahan pada gangguan *musculoskeletal* dan mempunyai validitas serta reabilitas yang baik (Tarwaka & Sudiajeng, 2004).

2.2.5. Antropometri

Antropometri adalah istilah yang berasal dari kata *anthro* yang berarti “manusia” dan *metri* yang berarti “ukuran”. Antropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik ukuran tubuh manusia, bentuk, dan kekuatan serta penerapan data-data antropometri untuk perancangan masalah desain (Nurmianto, 2003). Menurut Pulat (1992) Antropometri adalah suatu study tentang dimensi tubuh manusia.

Menurut Sitalaksana (2006), Antropometri adalah suatu bidang dalam kajian ergonomi yang mempelajari karakter ukuran fisik tubuh manusia seperti dimensi linear, volume, dan berat tubuh yang membagi dua jenis *anthropometri*, yaitu :

- a. Antropometri statis merupakan ciri-ciri fisik luar manusia dalam keadaan diam atau dalam posisi yang dibakukan,
- b. Antropometri dinamis adalah tentang ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau sedang memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin saja terjadi saat pekerja melakukan aktivitas kerja.

Menurut Wignjosoebroto dkk (2012) secara luas antropometri akan digunakan sebagai bahan pertimbangan ergonomis dan perancangan desain produk maupun sistem kerja serta berkaitan dengan interaksi manusia. Data antropometri yang telah berhasil dikumpulkan atau diperoleh akan diaplikasikan secara luas dalam hal :

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

Menurut Wignjosoebroto (2004) terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ukuran tubuh manusia, yaitu :

a. Umur

Dimensi tubuh manusia masih akan tumbuh dan bertambah besar seiring berjalannya dan bertambahnya waktu. Menurut Roche dan Davila (1972) bahwa pria masih akan terus tumbuh dan berkembang sampai berusia 21,2 tahun, sedangkan wanita juga akan masih terus tumbuh sampai dengan usia 17,3 tahun, walaupun demikian masih ada sekitar 10% pria dan wanita yang masih akan terus tumbuh dan besar hingga usia 23,5 tahun untuk pria dan 21,1 tahun untuk wanita. Setelah melewati umur tersebut pertumbuhan akan berhenti dan cenderung akan mengalami penurunan saat berusia kurang lebih 40 tahun.

b. Jenis Kelamin

Dimensi tubuh manusia pada umumnya pada seorang pria akan lebih besar dibandingkan dengan wanita, kecuali untuk beberapa bagian seperti pinggul, dan sebagainya.

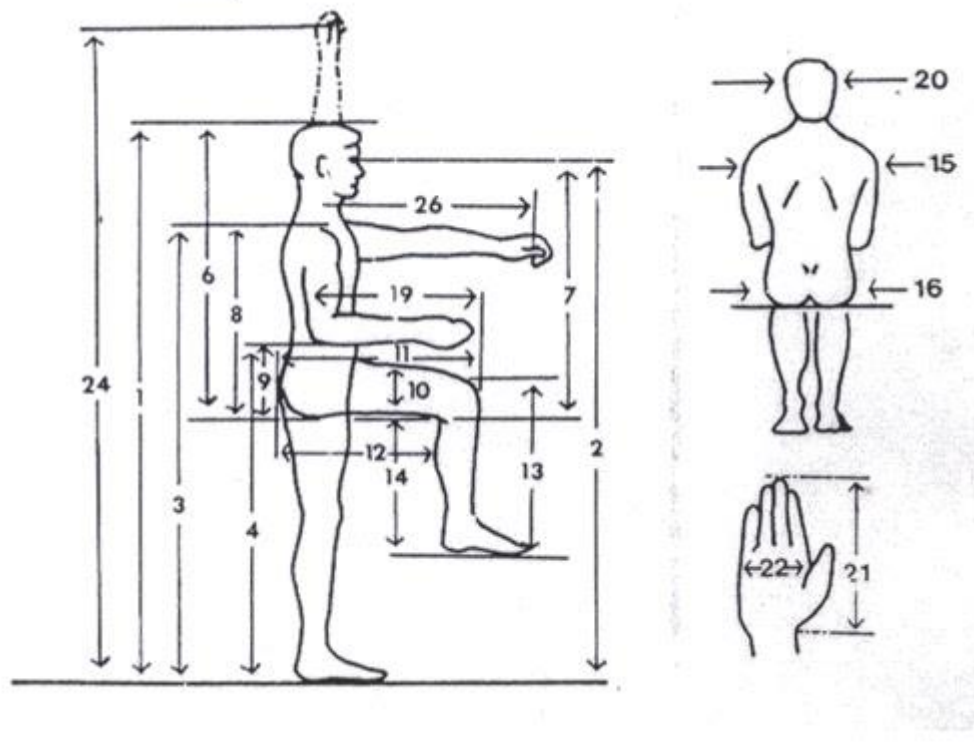
c. Suku bangsa

Beberapa suku atau bangsa tertentu memiliki karakteristik fisik yang berbeda serta memiliki dimensi tubuh yang berbeda pula satu dengan yang lainnya.

d. Posisi tubuh

Dimensi tubuh seseorang juga akan dipengaruhi oleh posisi tubuh sehingga dalam melakukan pengukuran harus dengan posisi tubuh yang standar.

Faktor-faktor di atas hanyalah beberapa contoh, karena masih ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ukuran tubuh manusia seperti cacat tubuh, faktor iklim, faktor kehamilan, dll. Gambar 2.2. akan memperjelas bagian tubuh atau antropometri manusia yang dapat dilakukan pengukuran untuk evaluasi atau perbaikan ergonomi.



Gambar 2.2. Data *Anthropometri*

(Sumber : Wignjosoebroto, 2004)

Keterangan :

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala)
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus)
5. Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan)
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk/pantat sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata dalam posisi duduk
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk
9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus)
10. Tebal atau lebar paha
11. Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan ujung lutut

12. Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut/betis
13. Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri maupun duduk
14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha
15. Lebar dari bahu (bisa diukur dalam posisi berdiri ataupun duduk)
16. Lebar pinggul/pantat
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan pada gambar)
18. Lebar perut
19. Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus
20. Lebar kepala
21. Panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari
22. Lebar telapak tangan
23. Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar-lebar samping kiri kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar)
24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus ke atas (vertikal)
25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak, diukur seperti halnya no. 24 tetapi dalam posisi duduk (tidak ditunjukkan dalam gambar)
26. Jarak jangkauan tangan yang terjulur ke depan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan

2.2.6. Postur Kerja dan Evaluasi Postur

Postur kerja adalah posisi tubuh manusia saat berinteraksi dengan alat atau fasilitas kerja. Postur tubuh yang baik adalah posisi yang memungkinkan untuk melakukan pekerjaan dengan efektif, efisien dengan usaha otot yang sedikit serta tidak menimbulkan resiko gangguan *musculoskeletal disorder*. Posisi atau postur kerja saat melakukan aktivitas kerja dapat mempengaruhi respon fisiologis pekerja tersebut. Postur kerja yang tidak alamiah/fisiologis merupakan penyebab munculnya berbagai gangguan atau keluhan pada sistem *musculoskeletal* (Manuaba, 2000) dalam (Tarwaka & Sudiajeng).

Dalam jurnal Wignjosoebroto dkk (2012) menyebutkan bahwa tidak peduli dalam posisi kerja apapun pertimbangan-pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan sikap/posisi kerja akan sangat penting. Dalam setiap melakukan

pekerjaan, terkadang beberapa jenis kerja memerlukan sikap atau posisi kerja yang tidak mengenakan karena pekerja harus menyesuaikan dengan alat atau fasilitas yang ada. Kondisi yang seperti inilah yang membuat pekerja harus memaksa tubuh berada pada posisi atau sikap kerja yang tidak nyaman, dan tidak jarang terjadi jika dilakukan dalam jangka waktu yang lama dapat menguras energi pekerja, membuat banyak kesalahan, proses lama, dan bahkan mengalami gangguan *musculoskeletal*.

Postur kerja yang didasarkan pada kebiasaan, kultur dan budaya seperti duduk bersila, jongkok, duduk tanpa alas, serta duduk dengan salah satu kaki diangkat yang sering dilakukan oleh orang di Afrika Utara, Timur Tengah, Amerika, Jepang, Korea, Asia Tenggara, termasuk Indonesia merupakan postur kerja yang buruk dan hanya berdasarkan kebiasaan saja (Kroemer, Kroemer, & Elbert, 2001). Mereka menyebut postur kerja tersebut *long sitting*. Postur kerja tersebut merupakan posisi dimana bagian tubuh punggung dan paha membentuk sudut 90 derajat. Posisi tersebut akan mengakibatkan *long hamstring muscle* karena berat badan tidak ada yang menopang. Posisi tersebut sangat tidak direkomendasikan dan ditinggalkan tetapi menurut pekerja, posisi tersebut sangat nyaman pada saat bekerja sehingga menimbulkan kontradiktif terhadap posisi atau postur kerja tersebut (Bridger, 2003).

Terdapat beberapa alat yang dapat digunakan untuk menganalisis postur kerja, yaitu *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), dan *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan masih banyak lagi. Metode-metode tersebut yang akan digunakan untuk mengevaluasi dan menganalisis postur kerja adalah RULA, dikarenakan kebanyakan pekerja di Yungki Edutoys dalam proses pembuatan mainan menggunakan tubuh bagian atas, seperti tangan, lengan, kepala, punggung, dan siku. Terutama untuk pekerja di bagian *polishing*, sehingga RULA dianggap sangat mendetail dan cocok untuk mengevaluasi postur kerja di Yungki Edutoys.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan suatu metode penilaian postur tubuh bagian atas. Metode RULA dikembangkan untuk penilaian faktor beban eksternal yaitu jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga/kekuatan, dan postur kerja (Atamney & Corlett, 1993) untuk memenuhi tujuan sebagai berikut :

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

Terdapat empat hal yang menjadi aplikasi utama dari RULA, yaitu :

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

RULA membagi bagian tubuh menjadi dua bagian utama agar menghasilkan suatu metode yang cepat untuk digunakan, yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas, lengan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara itu grup B meliputi bagian leher, batang tubuh, dan kaki.

RULA Employee Assessment Worksheet based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
 If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
 If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:
 If wrist is twisted in mid-range: +1
 If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
 Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes): +0
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C:
 Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

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

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	2	3	4	5	6	7
3	3	3	3	4	5	6	7
4	4	4	4	4	5	6	7
5	5	5	5	5	6	7	7
6	6	6	6	6	6	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Trunk Posture Score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	2	3	4	5	6	7
3	3	3	3	4	5	6	7
4	4	4	4	4	5	6	7
5	5	5	5	5	6	7	7
6	6	6	6	6	6	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
 If legs and feet are supported: +1
 If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes): +0
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C:
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Scoring: (final score from Table C)
 1 or 2 = acceptable posture
 3 or 4 = further investigation, change may be needed
 5 or 6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

Task name: _____ Reviewer: _____ Date: _____/_____/_____
This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in RULA. © 2004 Nease Consulting, Inc. provided by Practical Ergonomics rtanker@ergosmart.com (816) 444-1667

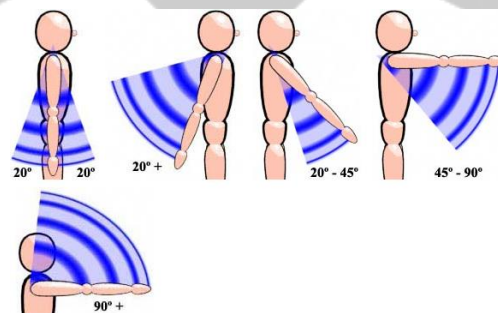
Gambar 2.3. RULA worksheet

(Sumber : McAtamney & Corlett, 1993)

Berikut adalah langkah-langkah penggunaan Rapid Upper Limb Assessment (RULA) :

RULA Grup A

a. Lengan Atas



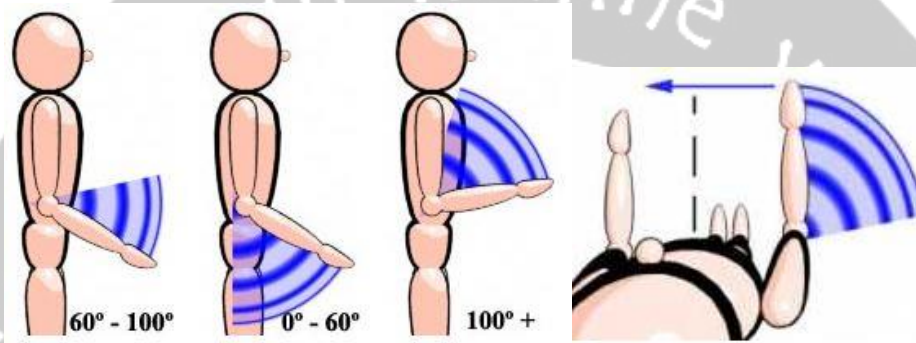
Gambar 2. 4. Postur Tubuh Lengan Atas

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

Tabel 2.2. Skor Bagian Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Skor Tambahan
ekstensi 20° hingga fleksi 20°	+1	+1 jika bahu ditinggikan +1 jika lengan atas abduksi -1 jika operator bersandar atau menopang lengan
ekstensi lebih dari 20° atau fleksi 20° - 45°	+2	
fleksi 45° - 90°	+3	
fleksi 90° atau lebih	+4	

b. Lengan Bawah



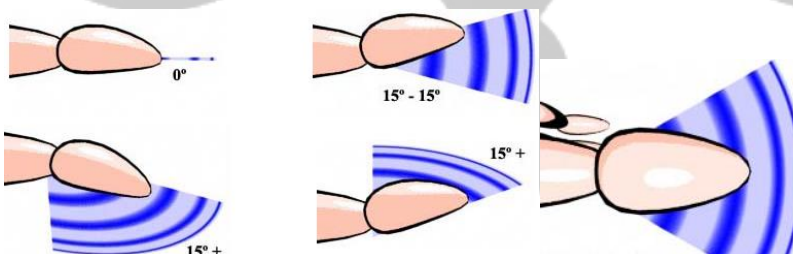
Gambar 2.5. Postur Tubuh Lengan Bawah

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

Tabel 2.3. Skor Bagian Lengan Bawah

Pergerakan	Skor	Skor Tambahan
fleksi 60° - 100°	+1	+1 jika gerakan lengan bawah melintasi garis tengah tubuh atau keluar dari sisi
fleksi kurang dari 60° atau lebih dari 100°	+2	

c. Pergelangan Tangan



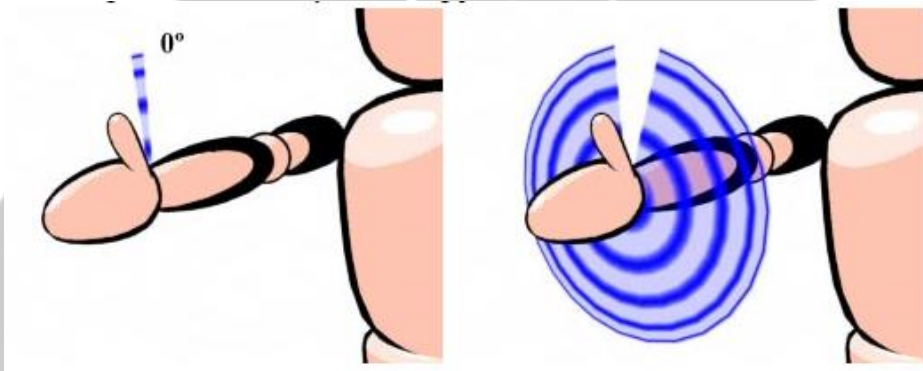
Gambar 2.6. Postur Tubuh Pergelangan Tangan

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

Tabel 2.4. Skor Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Skor Tambahan
pergelangan tangan pada posisi netral	+1	+1 jika pergelangan tangan pada deviasi radial ataupun ulnar
fleksi atau ekstensi 0° - 15°	+2	
fleksi atau ekstensi lebih dari 15°	+3	

d. Putaran Pergelangan Tangan



Gambar 2.7. Postur Tubuh Perputaran Pergelangan

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

Tabel 2.5. Skor Perputaran Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor
pergelangan tangan berada pada rentang menengah putaran	+1
pergelangan tangan berada atau hampir berada pada akhir rentang putaran	+2

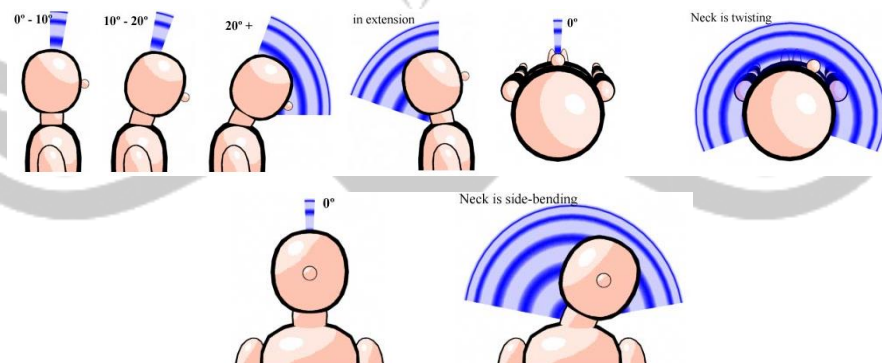
Skor Tabel A ditentukan oleh masing-masing skor dari penilaian bagian tubuh grup A yaitu lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, dan putaran pergelangan tangan. Setelah mendapatkan skor dari keempat bagian tubuh di grup A maka selanjutnya skor-skor tersebut dimasukkan kedalam Tabel A, sehingga akan diperoleh skor dari Tabel A.

Tabel 2.6. Skor Grup A

Tabel A		Skor Pergelangan Tangan							
Lengan Atas	Lengan Bawah	1		2		3		4	
		Perputaran Pergelangan Tangan		Perputaran Pergelangan Tangan		Perputaran Pergelangan Tangan		Perputaran Pergelangan Tangan	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	1	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	2	2	2	3	3	3	3
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

RULA Grup B

a. Leher



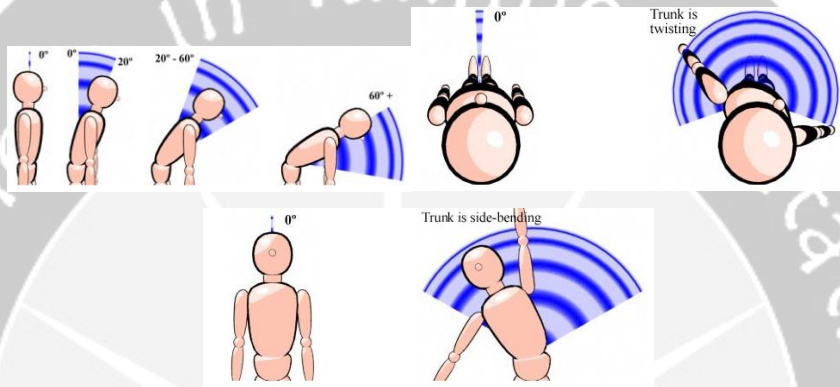
Gambar 2.8. Postur Tubuh Bagian Leher

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

Tabel 2.7. Skor Bagian Leher

Pergerakan	Skor	Skor Tambahan
fleksi 0° - 10°	+1	+1 Jika leher berputar +1 jika leher bengkok / patah
fleksi 10° - 20°	+2	
fleksi 20° atau lebih	+3	
leher ekstensi	+4	

b. Punggung



Gambar 2.9. Postur Tubuh Bagian Punggung

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

Tabel 2.8. Skor Bagian Punggung

Pergerakan	Skor	Skor Tambahan
ketika duduk dan ditopang baik, membentuk sudut 90° atau lebih dengan paha tubuh	+1	+1 Jika batang tubuh berputar +1 jika batang tubuh bengkok / patah
fleksi 0° - 20°	+2	
fleksi 20° - 60°	+3	
fleksi 60° atau lebih	+4	

c. Kaki



Gambar 2.10. Postur Tubuh Bagian Kaki

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

Tabel 2.9. Skor Bagian Kaki

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

Setelah mendapatkan skor bagian tubuh di grup B yaitu bagian leher, punggung dan kaki maka skor-skor tersebut maka penentuan skor tabel B dapat dilakukan menggunakan tabel 2.10. berikut ini.

Tabel 2.10. Skor Tabel B

Tabel B	Skor Postur Punggung											
Leher	1		2		3		4		5		6	
	Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki	
	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	6	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	5	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Pemberian skor *RULA* kemudian dilanjutkan dengan menambahkan skor penggunaan otot dan skor penggunaan tenaga atau beban dengan penjabaran berikut ini :

a. Skor Penggunaan Otot

Penambahan skor +1 jika postur statis selama 10 menit atau lebih dan skor +1 jika gerakan berulang empat kali atau lebih dalam 1 menit.

b. Skor Penggunaan Tenaga

Skor +0 jika beban kurang 2 kg (hanya sekali), skor +1 jika beban 2-10 kg (hanya sekali), Skor +2 jika beban 2-10 kg (beban statis atau berulang-ulang), dan Skor +3 bila pemberian beban lebih dari 10 kg dengan berulang atau kejutan/sentakan cepat.

2.2.7. Biomekanika

Menurut Wignjosoebroto dkk (2012) biomekanika umum adalah bagian dari biomenika yang mengenai hukum-hukum dasar yang dapat mempengaruhi tubuh manusia baik dalam kondisi diam ataupun bergerak. Biostatik adalah bagian dari

biomekanika umum yang hanya melakukan analisis pada bagian tubuh dalam keadaan diam ataupun bergerak pada suatu garis lurus dengan kecepatan yang seragam. Biodinamik adalah bagian dari biomekanika umum yang berkaitan dengan gesekan-gesekan tubuh dan tanpa mempertimbangkan gaya-gaya yang terjadi dan gaya yang timbul akibat gaya dari dalam tubuh. *Occupational biomechanics* adalah bagian dari mekanika terapan yang mempelajari antar interaksi pekerja dengan fisik, mesin, peralatan, dan material yang bertujuan untuk meminimalkan keluhan pada sistem kerangka otot.

2.2.8. Gaya dan Momen

Gaya didefinisikan sebagai penyebab terjadinya perubahan keadaan benda terhadap benda lainnya, yaitu dari keadaan diam ke keadaan bergerak atau dari keadaan bergerak ke keadaan diam. Gaya biasanya disimbolkan dengan huruf F dan merupakan besaran vector, karena akibat yang ditimbulkannya akan tergantung pada arah selain hokum jajaran genjang dari kombinasi vektor. Berikut ini adalah rumusan gaya :

$$F = m \times a \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

F = gaya resultan (N atau kg.m/s²)

m= massa (kg)

a= percepatan (m/s²)

Keseimbangan translasional

$$\sum F_y = 0 \text{ (untuk arah vertikal)} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\sum F_x = 0 \text{ (untuk arah horizontal)} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keseimbangan rotasional

Momen gaya merupakan hasil kali gaya itu dengan jarak terpendek pada titik tersebut.

$$M = F \cdot d \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\sum M = 0 \dots\dots\dots(3.5)$$

Momen gaya ke arah kanan bernilai positif (+)

Momen gaya ke arah kiri bernilai negatif (-)

2.2.9. Model Biomekanika

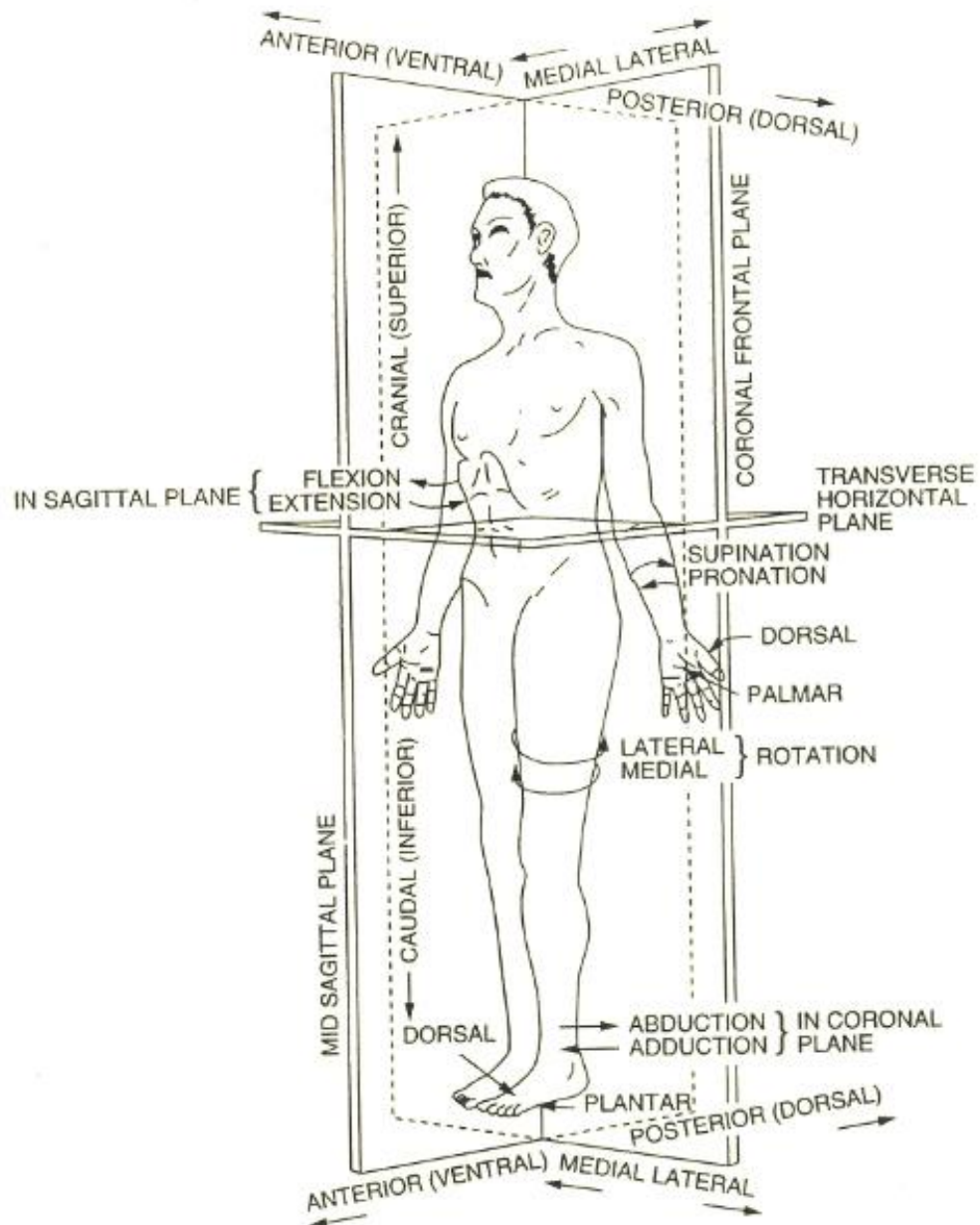
Free body diagram (FBD) pada umumnya digunakan untuk menggambarkan setiap gaya yang ada pada segmen tubuh. FBD merupakan gambaran suatu garis-garis yang menunjukkan gaya, jarak, berat benda yang bekerja dalam tubuh manusia. Phillips (2000) berpendapat bahwa *free body diagram* merupakan suatu langkah penting dalam menyelesaikan permasalahan model biomekanika karena :

1. FBD dapat menggambarkan suatu fenomena yang kompleks menjadi lebih sederhana sehingga dapat memudahkan pengamat untuk lebih dalam memahami sistem yang akan dilakukan analisis agar lebih detail, selain itu FBD juga juga dapat membantu untuk memprediksi reaksi sistem terhadap suatu bentuk perlakuan tertentu.
2. FBD dan Model Biomenika dapat membantu dalam mengukur gaya dan momen yang bekerja dalam tubuh seseorang. Gaya dan momen yang dihasilkan tersebut kemudian dijadikan indikator potensi cedera pada saat melakukan gerakan ataupun pengangkatan pada suatu benda
3. FBD juga dapat menggambarkan analisis terhadap pekerjaan fisik sampai dengan kondisi yang sangat ekstrim. Dengan model ini, analisis akan lebih mudah untuk dilakukan.

Berikut adalah prosedur umum yang harus dilakukan dalam analisis model biomekanika menurut Pillips (2000) adalah sebagai berikut :

1. Membuat FBD dari semua elemen sistem dan melakukan identifikasi seluruh gaya eksternal yang bekerja baik yang diketahui besarnya atau tidak diketahui besarnya.
2. Menetapkan sumbu X – Y dan menentukan arah gerak gaya dan momen.
3. Menyusun persamaan translasi dan rotasi yang ada berdasarkan FBD.
4. Menyelesaikan persamaan secara simultan untuk menghitung parameter-parameter yang belum diketahui.
5. Pastikan arah, satuan gaya, dan momen dalam perhitungan.

Berikut adalah bidang tubuh manusia menurut Chaffin (1999) seperti pada gambar 2.11.

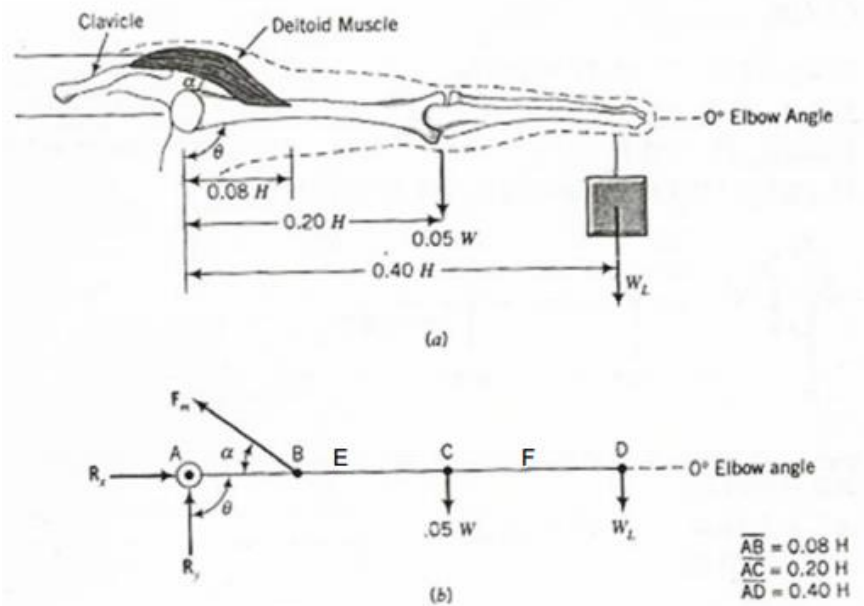


Gambar 2.11. Pembagian Bidang Tubuh Manusia

(Sumber : Chaffin, 1999)

2.2.9.1. Lengan Tangan

Berikut adalah *free body diagram* untuk bagian tubuh lengan tangan menurut Phillips (2000) :



Gambar 2.12. Free Body Diagram Lengan Tangan

Keterangan :

$\overline{AB}$ (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) = 0,085 H

WC (berat segmen di titik A) = 0,05 W

WL (berat benda yang dibawa pekerja

H = tinggi tubuh pekerja yang diamati

W = berat pekerja yang diamati

FM (Gaya otot *deltoid*)

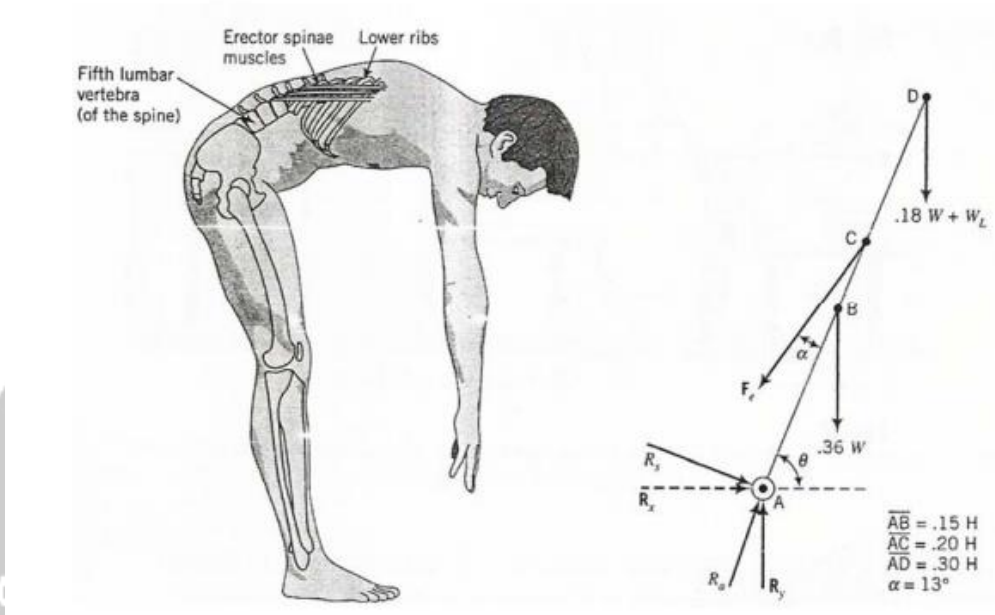
Rx (Reaksi gaya horizontal)

Ry (Reaksi gaya vertical)

α (sudut yang dibentuk otot *deltoid*)

2.2.9.2. Punggung

Berikut adalah gambar *free body diagram* tubuh bagian punggung menurut Phillips (2000) :



Gambar 2.13. Free Body Diagram Punggung

Keterangan :

$\overline{AB}$ (Panjang segmen A ke B) = 0,15 H

$\overline{AC}$ (Panjang segmen A ke C) = 0,2 H

$\overline{AD}$ (Panjang segmen A ke D) = 0,3 H

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

Fe = gaya otot pada tulang belakang

W = berat pekerja yang diamati

WL = berat beban yang dibawa pekerja

Rx = reaksi gaya horisontal sendi

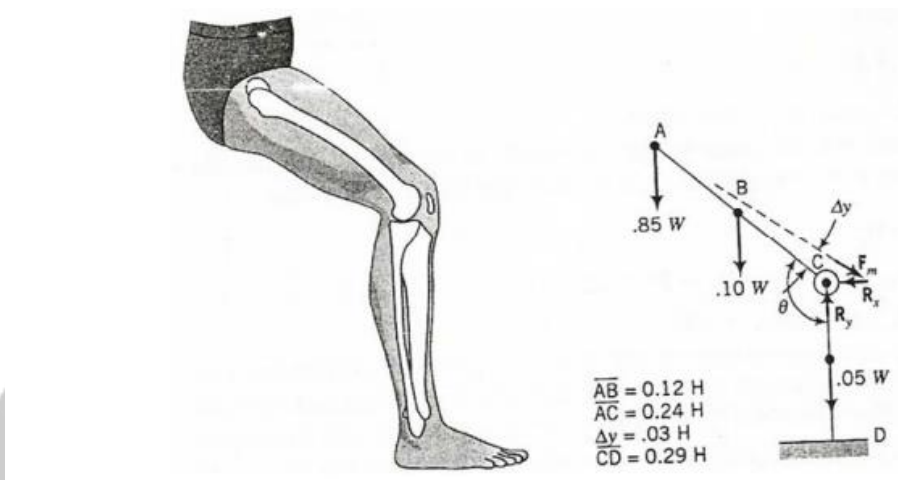
Ry = reaksi gaya vertikal sendi

α = 13° sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot Fe

θ = sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis horisontal

2.2.9.3.

Berikut ini adalah *free body diagram* untuk tubuh bagian kaki menurut Phillips (2000) :



Gambar 2.14. Free Body Diagram Tubuh Bagian Kaki

Keterangan:

F_m = gaya otot quadriceps

W = berat Pekerja yang diamati

C = lutut kaki

D = telapak kaki

R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya horizontal vertical pada sendi

θ = sudut yang dibentuk antara paha dan kaki

H = tinggi tubuh Pekerja yang diamati

Δy = $0,03H$ (jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot quadriceps)

W_A (berat bagian atas pinggang di titik A) = $0,85W$

W_B (berat segmen paha) = $0,10W$

W_E (berat segmen betis) = $0,05W$

$\overline{AB}$ (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) = $0,29H$