

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Beberapa peneliti terdahulu yang melakukan penelitian tentang analisis postur kerja dan biomekanika yang memiliki tujuan untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal akibat terlalu lama bekerja pada operator. Peneliti tersebut antara lain Helianty dkk (2009), Hermawan dan Mariawati (2015), Dinar Prasetya (2014), dan Ratna Purwaningsih (2017).

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Helianty dkk (2009) menganalisis faktor biomekanika pada operator serut dengan tujuan untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal dan memperbaiki postur kerja operator. Untuk dapat mengetahui letak keluhan muskuloskeletal, penelitian tersebut menggunakan kuesioner nordic body map, dan dimensi antropometri untuk merancang fasilitas kerja yang ergonomis. Analisis biomekanika digunakan untuk mengetahui perbedaan gaya pada tiap segmen tubuh sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.

Hermawan dkk (2015) melakukan penelitian untuk mengurangi resiko cedera pada tubuh bagian jari, tangan, dan leher di stasiun kerja Truss & Roof di sebuah pabrik baja. Metode yang digunakan untuk menganalisis postur kerja adalah dengan menggunakan metode RULA yang dapat menunjukkan tingkat skor resiko keparahan postur. Perancangan fasilitas kerja dilakukan untuk memperbaiki postur tubuh pekerja, yaitu membuat material handling berupa rak yang disesuaikan dengan dimensi antropometri pekerja. Setelah fasilitas kerja diimplementasikan dilakukan kembali pengukuran RULA, dan menunjukkan skor yang lebih rendah dari hasil sebelumnya.

Prasetya (2014) melakukan penelitian tentang beban kerja yang dikaitkan dengan biomekanika dan fisiologi. Tujuan dari penelitian tersebut adalah agar mengetahui apakah aktivitas yang dikerjakan di gudang penyimpanan masih layak untuk dilakukan dilihat dari segi gaya yang dikeluarkan dengan menggunakan analisis fisiologi dan biomekanika. Metode yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui gaya yang diterima punggung (L5/S1) dan besarnya energi yang dikeluarkan adalah biomekanika statis. Setelah dilakukan analisis dan perhitungan, disimpulkan bahwa pekerjaan masih aman untuk dilakukan.

Purwaningsih (2017) melakukan penelitian tentang mendesain ulang sebuah *work center* dan postur kerja dengan analisis biomekanika untuk mengurangi keluhan – keluhan yang ditimbulkan akibat kesalahan postur dalam bekerja. Beberapa tools yang dipakai dalam penelitian ini adalah LBA (Low Back Analysis), SSP (Static Strength Prediction), OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), dan RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Perbaikan postur dilakukan dengan cara mendesain ulang fasilitas kerja yang ada sesuai dengan dimensi antropometri tubuh pekerja saat melakukan aktivitas dengan mempertimbangkan arah dan sudut gerakan.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di salah satu industri souvenir pernikahan yang bernama *Alifa Craft*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis postur kerja dan biomekanika untuk menurunkan keluhan muskulo pada pekerja di proses pengiratan bambu. Beberapa *tools* yang digunakan untuk menunjang keberhasilan penelitian ini antara lain *Nordic Body Map*, Biomekanika, dan RULA.

Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Berkaitan Analisis Biomekanika Dan Postur Kerja Terdahulu Dengan Sekarang

Penelitian	Obyek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Hasil Penelitian
Helianty dkk (2009),	Pekerja mesin serut	NBM, biomekanika, anthropometri	Rancangan meja kerja serut
Hermawan dkk (2015).	Pekerja <i>Truss And Roof</i>	RULA, anthropometri , biomekanika	Rancangan rak
Prasetya (2014)	Pekerja pengangkat karung	biomekanika	Usulan postur kerja yang aman dan baik

Lanjutan Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Berkaitan Analisis Biomekanika Dan Postur Kerja Terdahulu Dengan Sekarang

Penelitian	Obyek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Perbaikan yang dilakukan
Purwaningsih (2017)	Pekerja proses packing	LBA, SSP, OWAS, RULA	Rancangan meja dan kursi
Penyusun (2017)	Pekerja proses Pengiratan	NBM, biomekanika, lingkungan kerja, RULA, faktor	Analisis Postur Kerja

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti aturan, prinsip dan kaedah. Ergonomi adalah suatu studi yang membahas hubungan antara manusia dengan pekerjaan yang dilakukannya dilihat dari sudut pandang anatomi, fisiologi, psikologi, desain rekayasa, manajemen maupun perancangan. Secara garis besar ergonomi memiliki konsep tentang ilmu yang membahas tentang kelebihan dan keterbatasan manusia dalam jangka panjang dan pendek dalam memanfaatkan informasi – informasi yang tersedia dengan tujuan menghasilkan produk, rancangan fasilitas, atau lingkungan kerja yang lebih baik dari sebelumnya.

Menurut Sutalaksana (2006) ergonomi merupakan cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi – informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik, secara efektif dan efisien.

2.2.2. Nordic Body Map

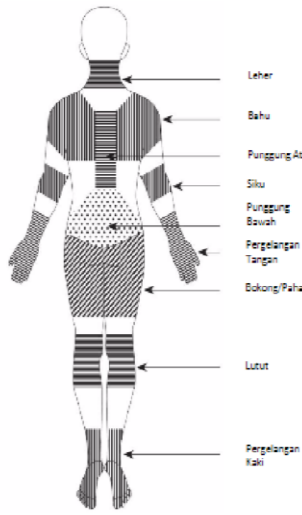
Kuesioner Nordic dikembangkan oleh *Nordic Council of Ministers*. Menurut Descatha dkk (2007) kuesioner ini terdiri dari pertanyaan pilihan ganda dan dapat digunakan sebagai angket (*self-administered*) atau sebagai sebuah wawancara. Kuesioner ini dirancang untuk menjawab pertanyaan berikut: "Apakah masalah muskuloskeletal terjadi pada populasi tertentu, dan, jika demikian, dalam bagian tubuh apa yang bermasalah?"

Menurut Kuorinka (1987) keterbatasan umum teknik kuesioner juga berlaku untuk kuesioner *Nordic Body Map*. Pengalaman dari orang yang mengisi kuesioner dapat mempengaruhi hasil. Gangguan muskuloskeletal baru-baru ini dan lebih serius cenderung diingat lebih baik dari yang lebih lama dan kurang yang serius.

Bagian B. Isian

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. Nordic Body Map (Widanarko dkk, 2016)

2.2.3. Keluhan Muskuloskeletal

Menurut (Stack dkk, 2016) keluhan musculoskeletal adalah keluhan yang terjadi pada otot skeletal yang melibatkan kerusakan otot, tendon, ligament, saraf perifer, sendir, tulang rawan, tulang, dan pembuluh darah. Keluhan musculoskeletal dipengaruhi oleh kondisi kerja saat pekerja melakukan aktivitas. Hal tersebut diakibatkan karena otot mendapat beban yang statis secara berulang-ulang dalam waktu yang lama.

Menurut (Tarwaka, 2004) Keluhan Muskuloskeletal terjadi karena beberapa faktor sebagai berikut:

a. Peregangan otot yang berlebihan

Hal ini banyak terjadi oleh pekerja dengan aktivitas yang membutuhkan tenaga besar seperti menarik dan mendorong. Peregangan otot ini terjadi karena

tenaga yang dikeluarkan melebihi kekuatan otot maksimal. Sehingga jika hal tersebut sering terjadi dapat menyebabkan keluhan sakit pada otot skeletal

b. Aktivitas berulang

Pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus dapat menyebabkan keluhan otot, karena otot menerima tekanan yang besar berulang-ulang. Biasanya pekerjaan seperti mencangkul dan memotong sering menyebabkan keluhan musculoskeletal.

c. Sikap kerja tidak normal

Sikap kerja tidak normal ini merupakan sikap kerja yang mengakibatkan posisi tubuh tidak normal seperti, punggung terlalu membungkuk, kepala terlalu menekuk, dan sebagainya.

2.2.4. Sikap dan Postur Kerja

Para pekerja ketika dengan melakukan suatu pekerjaan atau bekerja, maka pekerja tersebut harus bekerja secara nyaman dan sesuai dengan postur kerja yang baik. Bekerja dengan postur kerja yang baik dapat mengurangi risiko cedera yang dialami oleh pekerja. Seringkali ditemukan para pekerja bekerja dengan sikap tubuh yang tidak sesuai dengan yang disarankan atau dengan postur tubuh yang wajar. Posisi tubuh dalam bekerja sangat ditentukan oleh jenis pekerjaan yang dilakukan, dan masing-masing posisi kerja mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap tubuh (Tarwaka, 2004)

Postur kerja yang biasa dilakukan adalah yaitu dengan posisi duduk, berdiri dan dinamis dari duduk dan berdiri (Tarwaka, 2004). Posisi duduk menurut (Grandjean, 1993) bekerja dengan posisi duduk mempunyai keuntungan antara lain; pembebanan pada kaki; pemakaian energi dan keperluan untuk sirkulasi darah dapat dikurangi. Namun demikian kerja dengan sikap duduk terlalu lama dapat menyebabkan otot perut lembek dan tulang belakang akan melengkung sehingga cepat lelah.

Postur kerja duduk memiliki keuntungan dan kerugian. Untuk mendapatkan hasil kerja yang lebih baik tanpa pengaruh buruk pada tubuh, maka perlu dipertimbangkan ketika pada saat bekerja dengan posisi duduk. Menurut (Pulat, 1992), diberikanlah pertimbangan tentang pekerjaan yang paling baik dilakukan dengan posisi duduk adalah sebagai berikut:

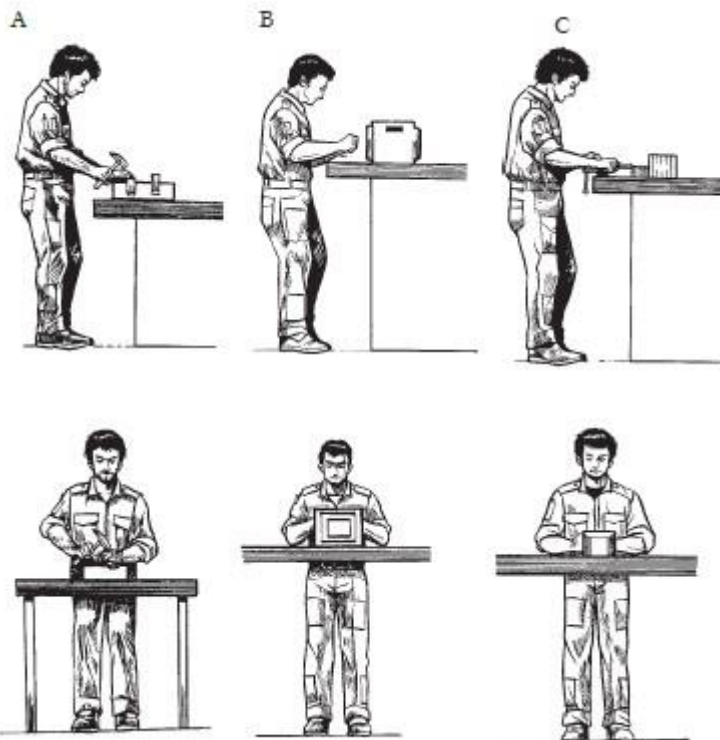
a. Pekerjaan yang memerlukan kontrol dengan teliti pada kaki

- b. Pekerjaan utama adalah menulis atau memerlukan ketelitian pada tangan
- c. Tidak diperlukan tenaga dorong yang besar
- d. Objek yang dipegang tidak memerlukan tangan bekerja pada ketinggian lebih dari 15 cm dari landasan kerja
- e. Diperlukan tingkat kestabilan tubuh yang tinggi
- f. Pekerjaan dilakukan pada waktu yang lama
- g. Seluruh objek yang dikerjakan atau disuplai masih dalam jangkauan dengan posisi duduk.

Selain postur kerja duduk, terdapat postur kerja dengan posisi berdiri. Menurut (Sutalaksana, 2000) bahwa sikap berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental, sehingga aktivitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat, dan teliti. Namun demikian mengubah posisi duduk ke berdiri dengan masih menggunakan alat kerja yang sama akan melelahkan.

Pembuatan desain dengan postur kerja berdiri, apabila tenaga kerja harus bekerja untuk periode yang lama, maka faktor kelelahan menjadi utama, dan untuk meminimalkan pengaruh kelelahan dan keluhan subjektif maka pekerjaan harus didesain agar tidak terlalu banyak menjangkau, membungkuk, atau melakukan gerakan dengan posisi kepala yang tidak alamiah (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004). Menurut (Pulat, 1992) dan (Clark, 1996) memberikan pertimbangan tentang pekerjaan yang paling baik dilakukan dengan posisi berdiri adalah sebagai berikut:

- a. Tidak tersedia tempat untuk kaki dan lutut
- b. Harus memegang objek yang berat (lebih dari 4,5 kg)
- c. Sering menjangkau ke atas, ke bawah, dan ke samping
- d. Sering dilakukan pekerjaan dengan menekan ke bawah
- e. Diperlukan mobilitas tinggi



Gambar 2.2. Landasan Kerja untuk Sikap Kerja Berdiri: A. Pekerjaan Memerlukan Penekanan, B. Pekerjaan Memerlukan Ketelitian, C. Pekerjaan Ringan

Pada posisi berdiri, sebaik mungkin tidak dilakukan untuk aktivitas yang banyak menjangkau maupun membungkuk. Menurut Pulat (1992) dan Clark (1996) posisi berdiri yang baik saat melakukan pekerjaan memerlukan pertimbangan sebagai berikut:

- Tidak memerlukan tempat pijakan kaki
- Memegang atau menahan objek yang berat ($> 4,5$ kg)
- Terdapat aktivitas menjangkau ke atas, ke bawah, dan ke samping
- Sering melakukan aktivitas menekan ke bawah
- Memerlukan mobilitas yang tinggi

Menurut Stack dkk (2016) postur kerja yang baik untuk sikap berdiri dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3. Posisi Berdiri yang Baik (Stack dkk, 2016)

Pemilihan untuk pertimbangan dari memilih postur kerja yang sesuai menurut (Helander, 1995) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Pemilihan Sikap Kerja Terhadap Jenis Pekerjaan yang Berbeda

Jenis Pekerjaan	Sikap Kerja yang Dipilih	
	Pilihan Pertama	Pilihan Kedua
Mengangkat > 5 kg	berdiri	duduk-berdiri
Bekerja dibawah tinggi siku	berdiri	duduk-berdiri
Menjangkau horizontal di luar daerah jangkauan optimum	berdiri	duduk-berdiri
pekerjaan ringan dengan pergerakan berulang	duduk	duduk-berdiri
pekerjaan perlu ketelitian	duduk	duduk-berdiri
inspeksi dan monitoring	duduk	duduk-berdiri
sering berpindah-pindah	duduk-berdiri	berdiri

2.2.3. Antropometri

Istilah antropometri berasal dari bahasa Yunani yaitu *anthropos* berarti manusia, dan *metron* berarti ukuran (Bridger, 1994). Sehingga antropometri didefinisikan sebagai suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia (ukuran, bentuk dan kekuatan) serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Sedangkan menurut Sanders dan Mc (Cormick 1993) antropometri merupakan ukuran dimensi tubuh atau karakteristik bagian tubuh lainnya yang terkait dengan perancangan desain tentang sebuah alat atau mesin yang digunakan atau menunjang kegiatan manusia. Kesimpulan dari pengertian – pengertian diatas antropometri adalah studi mengenai dimensi tubuh manusia atau teknik yang digunakan secara kuantitatif untuk mengekspresikan bentuk dan dimensi dari tubuh manusia.

Antropometri sendiri dibedakan menjadi dua jenis, yaitu antropometri statis dan dinamis. Dimana antropometri statis merupakan fisik manusia pada saat keadaan tidak bergerak atau diam, sedangkan antropometri dinamis merupakan pengukuran keadaan fisik manusia pada saat bergerak atau melihat gerakan – gerakan yang mungkin terjadi ketika pekerja melakukan aktivitasnya.

Data antropometri didapatkan dengan berbagai cara. Menurut (Nurmianto, 2004) pengambilan data antropometri dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

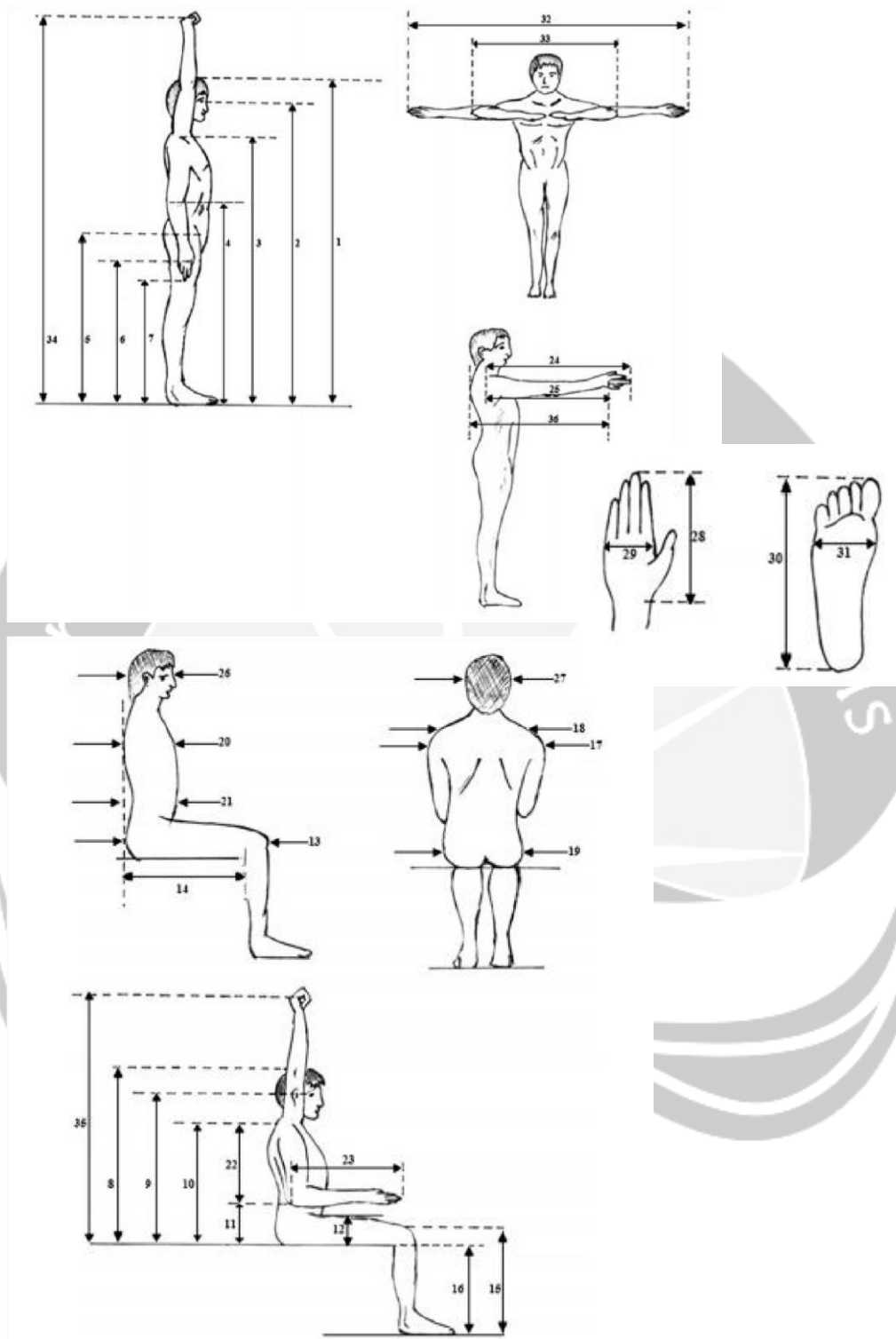
a. Berdasarkan tabel

Data antropometri yang digunakan berdasarkan tabel dimensi tubuh manusia yang telah ada. Tabel tersebut dapat dilihat pada buku (Nurmianto, 2004)

b. Pengambilan secara langsung

Pengambilan data antropometri dilakukan secara langsung pada populasi yang ingin dirancang pekerjaan maupun fasilitas kerjanya.

Data antropometri yang diterapkan adalah data yang memiliki nilai rata – rata dan standar distribusi normal. Manusia pada umumnya berbeda – beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Faktor yang mempengaruhi data antropometri (Wignjosoebroto, 1995) antara lain adalah umur, sex, posisi tubuh, cara berpakaian, suku bangsa.



Gambar 2.4. Dimensi Anthropometri (Nurmianto, 2004)

2.2.4. Biomekanika

a. Dasar-dasar Biomekanika

Biomekanika menurut (Chaffin, 1991) merupakan suatu ilmu yang meneliti tentang hubungan pekerja dan peralatan, lingkungan kerja, tempat kerja dan lain sebagainya sehingga dapat meningkatkan performansi dan produktivitas dengan mengurangi peluang terjadinya cedera muskuloskeletal. Biomekanika membahas beberapa aspek gerakan pada tubuh manusia dengan kombinasi dari ilmu mekanika, antropometri dan dasar ilmu kedokteran.

Biomekanika menurut (Kroemer, 1987) adalah bidang ilmu yang mempelajari tentang ilmu biologi dan mekanika teknik untuk mengukur kekuatan yang ada dalam tubuh selama bekerja. Sehingga bidang biomekanika sering digunakan untuk penilaian ergonomi yang berkaitan dengan sistem muskuloskeletal. Penilaian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh pekerjaan terhadap sistem muskuloskeletal, sehingga dapat diketahui resiko yang terjadi berkaitan dengan pekerjaan tersebut.

Menurut (Phillips, 2000) biomekanika terdiri biostatik dan biodinamik. Biostatik merupakan bagian dari biomekanika yang menganalisis tubuh dalam keadaan diam, sedangkan biodinamis menganalisis tubuh dalam keadaan bergerak dan tidak memperhatikan gaya yang bekerja.

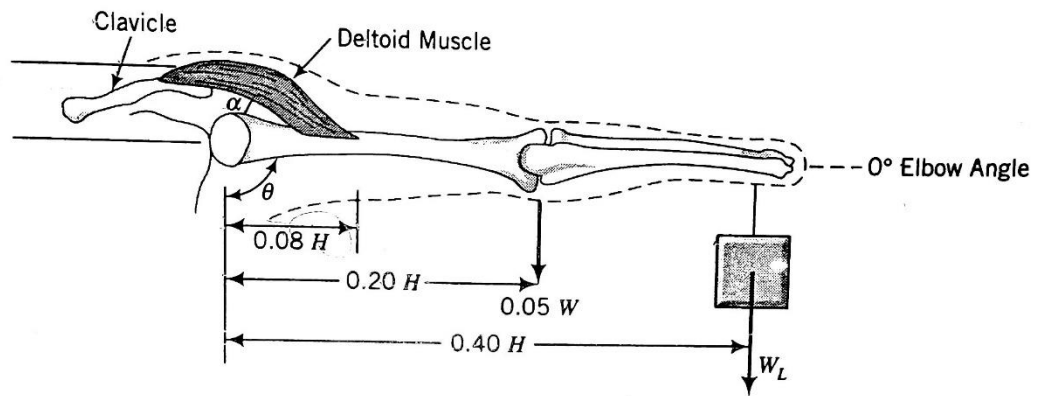
Biomekanika kerja sendiri memiliki beberapa jenis permodelan yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan dan analisis biomekanika. Permodelan-permodelan ini digunakan berdasarkan pada anggota-anggota tubuh yang berpotensi cidera saat melakukan suatu pekerjaan tertentu. Permodelan ini dibuat berdasarkan postur tubuh yang digambarkan dalam *free body diagram*. Permodelan-permodelan tersebut adalah:

i. Permodelan Statik Kaki dan Tangan

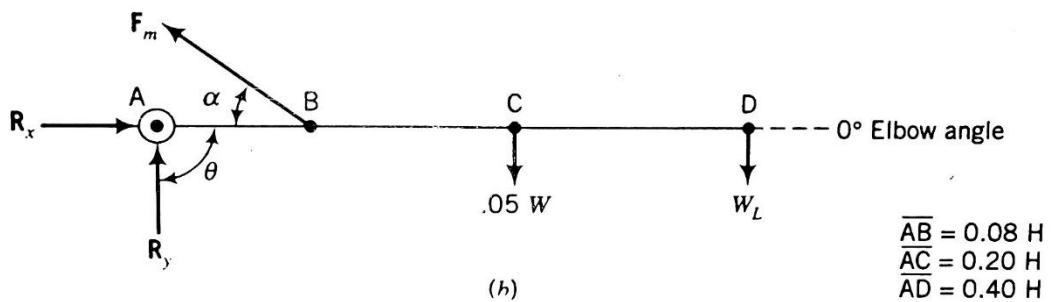
Permodelan statik kaki dan tangan ini memiliki beberapa permodelan lain yang merupakan bagian dari segmen tubuh manusia. Permodelan tersebut terdiri dari:

1. Permodelan bahu dan lengan

Permodelan bahu dan lengan ini digunakan untuk menganalisis gaya-gaya yang terjadi pada bahu dan lengan.



(a)



(b)

Gambar 2.5. Permodelan Bahu dan Lengan (Phillips, 2000)

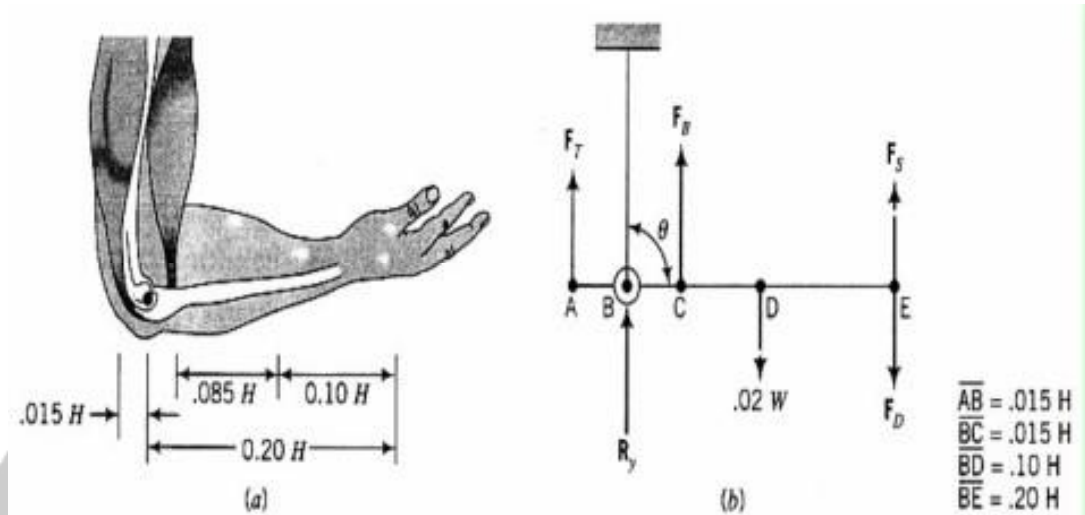
2. Permodelan Siku dan Lengan Bawah

Permodelan siku dan lengan bawah ini digunakan untuk menganalisis gaya-gaya yang terjadi pada siku dan lengan bawah.

Keterangan:

W	= berat badan pekerja (N)
H	= tinggi badan pekerja (m)
W_C	= berat segmen lengan di titik A = $0.05 W$
W_L	= berat benda yang dibawa pekerja
R_x	= reaksi gaya horizontal pada sendi bahu (N)
R_y	= reaksi gaya vertikal pada sendi bahu (N)
α	= sudut yang terbentuk di otot deltoid (N) = 25° (Phillips, 2000)
F_m	= gaya pada otot deltoid (N)
A	= Titik Cartilage
B	= Titik otot deltoid
C	= Titik berat siku
D	= titik berat lengan bawah
$\overline{AB}$	= panjang segmen A ke B = $0.08 H$

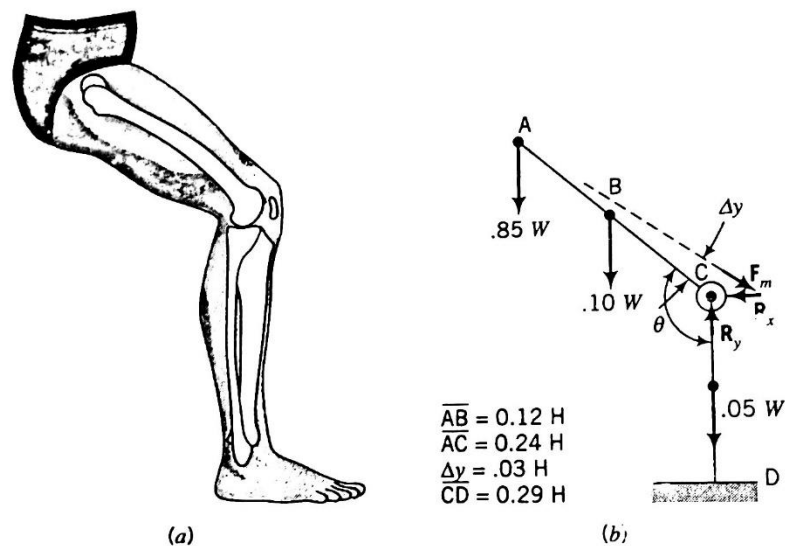
$\overline{AC}$ = panjang segmen A ke C = 0.20 H
 $\overline{AD}$ = panjang segmen A ke D = 0.40 H



Gambar 2.6. Permodelan Siku dan Lengan Bawah (Phillips ,2000)

4. Permodelan Lutut dan Betis

Permodelan pinggul dan kaki bawah ini digunakan untuk menganalisis gaya – gaya yang terjadi pada lutut dan betis.



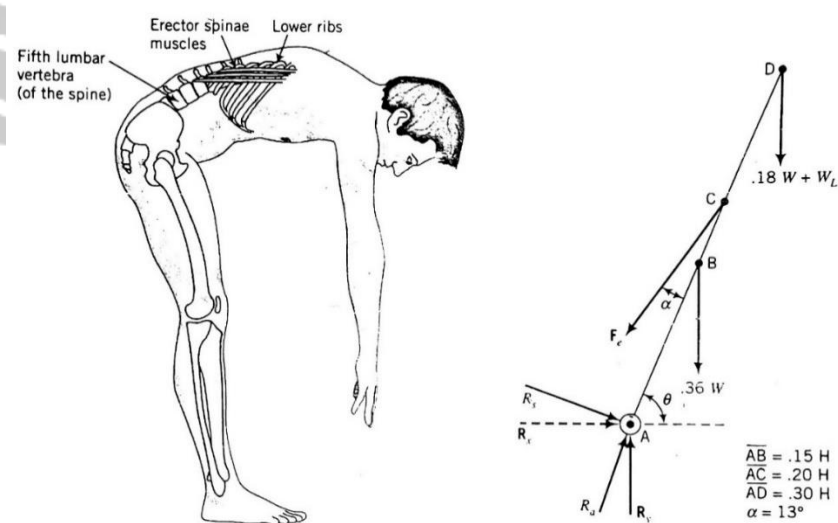
Gambar 2.7. Permodelan Lutut dan Betis (Phillips, 2000)

Keterangan:

W	= berat badan pekerja (N)
H	= tinggi badan pekerja (m)
W_A	= berat bagian atas pinggang = $0.85 W$
W_B	= berat segmen paha = $0.10 W$
W_E	= berat segmen betis = $0.05 W$
R_x	= reaksi gaya horizontal pada sendi lutut (N)
R_y	= reaksi gaya vertikal pada sendi lutut (N)
θ	= sudut yang terbentuk antara paha dan kaki
F_m	= gaya otot quadriceps (N)
Δy	= jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot quadriceps = $0.03 H$
A	= titik berat bagian atas pinggul
B	= titik tengah segmen paha
C	= titik sendi lutut
D	= titik berat pada bagian bawah kaki
$\overline{AB}$	= panjang segmen A ke B = $0.12 H$
$\overline{AC}$	= panjang segmen A ke C = $0.24 H$
$\overline{CD}$	= panjang segmen C ke D = $0.29 H$

5. Permodelan Punggung

Permodelan pinggul ini digunakan untuk menganalisis gaya-gaya yang terjadi pada punggung bagian atas maupun bawah.



Gambar 2.8. Permodelan Punggung (Phillips, 2000)

Sistem anatomi pada punggung terdiri atas:

1. *Proximal Segment*

Sacrum/panggul (meskipun *sacrum* adalah kelanjutan dari *spine* (penonjolan pada tulang belakang), tetapi merupakan unit fungsional dari panggul)

2. *Distal segment*

Penonjolan di tulang belakang bagian *thoracalis* dan *lumbalis* (terdiri dari dua belas tulang *thoracic vertebral* dan lima tulang *lumbar vertebral*)

3. Joint

Lumbo-sacral joint (didesinisikan sebagai ruang *intervertebral* diantara tulang kelima *lumbar vertebral* dan tulang pertama *sacral vertebral* dimana *lumbosacral* terkandung)

4. *Muscle (action)*

Erector spinae dan *sacrospinalis muscle* (perpanjangan dari *spine*, seperti saat kita berdiri tegak.

2.2.5. Gaya, Momen, dan Fungsi Trigonometri

Terdapat 3 jenis gaya yang bekerja pada sistem pergerakan manusia dalam ilmu biomekanika menurut Winter (2009), antara lain:

a. Gaya gravitasi yaitu gaya yang keluar melewati titik pusat massa dari segmen tubuh manusia dengan arah jatuh (ke bawah). Besarnya gaya adalah massa dikali dengan percepatan gravitasi.

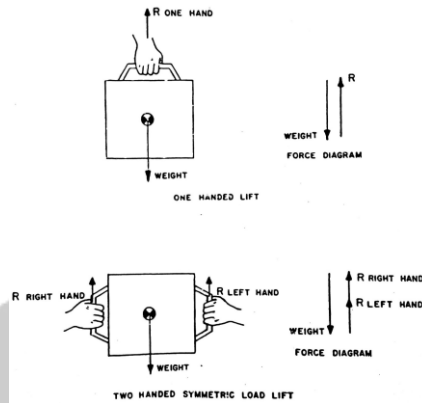
$$F = m \times g \quad (2.1)$$

f = Gaya (N)

m = massa beban (kg)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)

b. Gaya reaksi adalah gaya yang terbentuk karena beban pada segmen tubuh itu sendiri



Gambar 2.9. Gaya Reaksi (Giancoli, 2005)

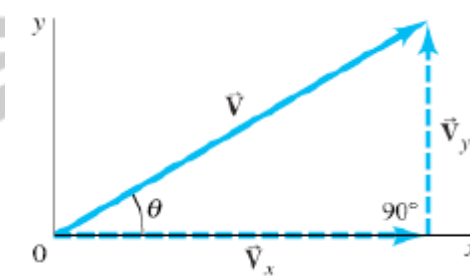
- c. Gaya otot adalah gaya yang terbentuk pada bagian sendi, dikarenakan gesekan sendi ketika sendi digerakkan, dan gaya ini mewakili besarnya momen yang terjadi pada otot.

Fungsi trigonometri digunakan untuk mencari komponen vektor yang digambarkan pada Gambar 2.10. pada gambar tersebut terlihat sebuah vektor dan dua komponen lainnya membentuk sebuah segitiga siku – siku (Giancoli, 2005)

$$\sin \theta = \frac{\text{sisi depan}}{\text{hipotenusa}} = \frac{V_y}{V} \quad (2.2)$$

$$\cos \theta = \frac{\text{sisi samping}}{\text{hipotenusa}} = \frac{V_x}{V} \quad (2.3)$$

$$\tan \theta = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi samping}} = \frac{V_y}{V_x} \quad (2.4)$$



Gambar 2.10. Vektor Trigonometri (Giancoli, 2005)

2.2.6. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Rapid Upper Limb Assessment merupakan sebuah metode yang dikembangkan oleh Dr. Nigel Corlett dan Dr. Lynn Mc Atamney dari University of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomic. *Rapid Upper Limb Assessment* dapat digunakan secara cepat untuk mengetahui tingkatan beban muskuloskeletal pada

pekerjaan yang memiliki risiko pada anggota tubuh bagian atas tanpa memerlukan peralatan khusus.

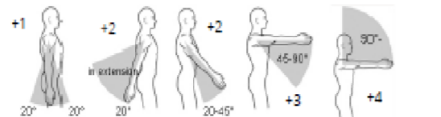
RULA membagi bagian tubuh menjadi dua bagian, yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas, lengan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara itu grup B meliputi bagian leher, batang tubuh, dan kaki. Nilai RULA digunakan mengetahui level resiko dan kebutuhan akan tindakan yang perlu dilakukan untuk perbaikan kerja.

Menurut Mc Atamney (1993), ada empat hal yang menjadi aplikasi utama dari RULA, yaitu untuk:

- a. Mengukur resiko muskuloskeletal, biasanya sebagai bagian dari perbaikan yang lebih luas dari ergonomi.
- b. Membandingkan beban muskuloskeletal antara rancangan stasiun kerja sebelum dan setelah perbaikan.
- c. Mengevaluasi *output* seperti produktivitas atau kesesuaian penggunaan peralatan.
- d. Melatih operator tentang beban muskuloskeletal yang diakibatkan dari perbedaan postur kerja.

A. Arm and Wrist Analysis

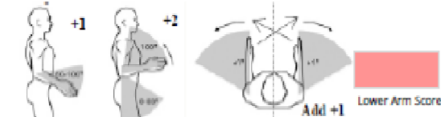
Step 1: Locate Upper Arm Position:



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

Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



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

Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:



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

Wrist Twist Score

Step 4: Wrist Twist:

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

Wrist Score

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

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

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

Force / Load Score

Step 8: Find Row in Table C

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

Wrist & Arm Score

Scores

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	3
2	2	2	3	3	4
3	3	3	4	4	5
4	4	4	5	5	6
5	5	5	6	6	7
6	6	6	7	7	8

Table C		Neck, Trunk, Leg Score					
Wrist / Arm Score	Neck	Trunk	Leg	Score	Score	Score	Score
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12

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

RULA Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

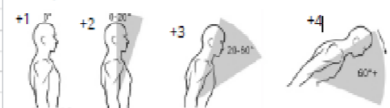
Step 9: Locate Neck Position:



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

Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



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

Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Leg Score

Table B: Trunk Posture Score		Neck					
Posture	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12

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

Using values from steps 9-11 above,
locate score in Table B

Posture B Score

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

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

Force / Load Score

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.

Neck, Trunk, Leg Score

Gambar 2.11. RULA worksheet (ergo-plus.com)

2.2.7. Faktor Lingkungan Fisik

Menurut Wignjosoebroto (1995) dan Satalaksana dkk (2006), terdapat faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kegiatan atau aktivitas manusia antara lain:

a. Suhu

Tubuh manusia memiliki kemampuan melakukan proses konveksi, radiasi dan penguapan apabila kekurangan maupun kelebihan panas yang diterima, oleh karena ini tubuh manusia dapat dengan mudah menyesuaikan diri dengan temperatur luar tidak kurang dari 20% untuk udara dingin dan tidak lebih dari 35% untuk udara panas. Berikut adalah tingkat temperatur yang mempengaruhi kondisi tubuh manusia saat bekerja:

± 49° C : Manusia dapat bertahan pada temperatur ini selama 1 jam, tetapi jauh di atas kemampuan fisik dan mental.

± 30° C : Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk melakukan kesalahan dalam pekerjaan dan akan timbul kelelahan fisik.

± 24° C : Kondisi optimum.

± 10° C : kelakuan fisik yang ekstrem mulai muncul.

b. Kelembapan (Humidity)

Kelembapan merupakan jumlah persentase air yang terkandung dalam udara yang dinyatakan dengan %. Temperatur udara merupakan faktor utama yang mempengaruhi tingkat kelembapan suatu lingkungan. Suatu lingkungan dengan temperatur yang tinggi memiliki tingkat kelembapan yang cenderung rendah, begitu pula sebaliknya. Kelembapan yang tinggi dapat mempengaruhi cairan – cairan dalam tubuh sehingga cepat menguap dan juga mempengaruhi denyut jantung karena peredaran darah sangat aktif untuk memompa kebutuhan oksigen.

c. Pencahayaan

Dengan adanya cahaya yang cukup, mata manusia dapat menangkap objek – objek yang ada disekitar dengan jelas. Apabila cahayakurang, mata akan kesulitan saat bekerja dan akhirnya mata akan kelelahan karena harus bekerja ekstra untuk melihat dengan lebih jelas. Salah satu faktor yang mempengaruhi beban mental bagi para pekerja adalah lelahnya mata, jika terjadi secara terus – menerus dampak buruknya adalah kerusakan pada mata.

Jenis Kegiatan	Tingkat Pencahayaan Minimal (lux)	Keterangan
Pekerjaan kasar dan tidak terus-menerus	100	Ruang penyimpanan dan peralatan atau instalasi yang memerlukan pekerjaan kontinyu
Pekerjaan kasar dan terus-menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar
Pekerjaan rutin	300	Ruang administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin dan perakitan
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin kantor, pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan tekstil, pekerjaan mesin halus dan perakitan halus
Pekerjaan sangat halus	1500 (tidak menimbulkan bayangan)	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin, dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	3000 (tidak menimbulkan bayangan)	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1405/Menkes/SK/XI/2002

Gambar 2.13. Saran Tingkat Pencahayaan

d. Kebisingan

Kebisingan merupakan suara – suara yang tidak diinginkan untuk didengar oleh manusia, karena semakin sering didengar akan mengganggu konsentrasi serta menyulitkan untuk berkomunikasi. Terdapat 3 aspek yang menentukan tingkat kualitas dari kebisingan terhadap manusia, antara lain durasi, intensitas, dan frekuensi. Intensitas diukur dengan menggunakan satuan desibel (dB).

Tabel 2.2. Nilai Ambang Batas Kebisingan

Satuan	Durasi Paparan Kebisingan per Hari	Level Kebisingan (dBA)
Jam	24	80
	16	82
	8	85

Lanjutan Tabel 2.2. Nilai Ambang Batas Kebisingan

Satuan	Durasi Paparan Kebisingan per Hari	Level Kebisingan (dBA)
Jam	4	88
	2	91
	1	94

