

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada bagian tinjauan pustaka ini akan ditampilkan pembahasan mengenai hasil-hasil dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan untuk dijadikan acuan dan sumber penelitian agar dapat dikembangkan serta menjadi pembanding untuk penelitian sekarang. Hasil penelitian terdahulu diambil dari jurnal-jurnal yang membahas seputar masalah anthropometri dan biomekanika. Berikut adalah judul dan isi pada jurnal-jurnal penelitian sebelumnya.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

a. Penelitian Mengenai Anthropometri

Dyah dan Karina (2011) melakukan penelitian terhadap adanya penggunaan *wheel chok* untuk menahan bagaian depan dan belakang roda depan bagian kiri pada kendaraan Haul Truck 793C. Penggunaan alat tersebut menggunakan alat bantu pada saat pengisian bahan bakar truck namun dirasa kurang nyaman dan menyebabkan kelelahan di bagian punggung pekerja. Hal ini meyakini bahwa perlunya perancangan ulang alat bantu tersebut dengan pendekatan anthropometri. Data yang digunakan yaitu dengan pengukuran anthropometri dari 46 pekerja pria PT. Newmont Nusa Tenggara yang bersuku bangsa Indonesia. Dimensi yang diukur adalah jarak dari siku ke ujung jari, tinggi siku berdiri, lebar telapak tangan (metacarpal) dan diameter genggam (maksimum). Pengujian yang dilakukan yaitu uji keseragaman, uji kecukupan dan uji normalitas terhadap data-data dimensi anthropometri pekerja. Hasil yang didapat terjadi penurunan momen yang bekerja pada tubuh pekerja. Dari besar momen awal yang sebesar 140 Nm pada pelvis dan 95 Nm trunk. Menjadi sebesar 13 Nm pada bagian *pelvis* dan 9 Nm pada sumbu Y bagian *trunk*.

b. Penelitian Mengenai *Nordic Body Map*

Dwinanto (2016) melakukan penelitian mengenai adanya proses di sebuah industri rumah tangga yang memproduksi minuman yang berasal dari lidah buaya. Permasalahan yang terjadi yaitu pada proses pemotongan lidah buaya secara manual dengan menggunakan pisau biasa. Pemotongan manual ini menghasilkan 40-50 Kg perhari. Cara ini kurang efisien karena kapasitas produksi yang didapat tidak memenuhi permintaan pasar yang relatif tinggi. Selain itu, cara pemotongan lidah buaya dengan menggunakan pisau sering mengakibatkan kecelakaan kerja

seperti tangan teriris pisau. Maka dari itu, perlu untuk merancang alat pemotong lidah buaya guna meningkatkan hasil produksi serta menghasilkan potongan yang rapi dan sesuai dengan ukuran, selain itu juga mempercepat waktu produksi dan mengurangi risiko keluhan muskuloskeletal. Metode yang digunakan yaitu dengan mengukur tingkat keparahan terhadap gangguan kerja dengan *Nordic Body Map* dengan mengukur bagian tinggi siku duduk, lebar pinggung, tinggi bahu duduk, tinggi lutut duduk dan lebar bahu. Hasil yang didapat yaitu adanya alat bantu baru yang dirancang dapat mengurangi keluhan muskuloskeletal dan efisien dalam menggunakan waktu proses.

c. Penelitian Mengenai RULA

Nataya dkk (2011) melakukan penelitian mengenai adanya aktivitas yang dilakukan oleh pekerja pada Perusahaan Areva T&D yang bergerak di bidang nuklir, transmisi dan distribusi listrik. Aktivitas yang dilakukan yaitu mengerjakan proses manual perakitan panel listrik. Pemilihan stasiun kerja yang menjadi fokus penelitian menggunakan ergonomi *checklist* dan AHP dan menghasilkan hasil akhir yaitu terpilihnya stasiun kerja *Circuit Board (CB)* karena mengandung kegiatan *full manual*. Identifikasi risiko yang digunakan yaitu metode RULA. Yang menghasilkan *action level 4* untuk tubuh bagian kanan dan *action level 3* untuk tubuh bagian kiri. Hal ini menandakan diperlukannya identifikasi lebih lanjut dan pergantian postur kerja sesegera mungkin sebab postur pekerja dalam kondisi jongkok. Banyaknya kegiatan operator pada stasiun kerja CB dilakukan dengan gerakan yang berulang-ulang sehingga menimbulkan risiko CTD (*Cumulative Trauma Disorders*) yang akan merusak jaringan otot operator. Tindakan selanjutnya yaitu menggunakan kuesioner *Ergoweb* pada stasiun CB agar dapat mengetahui risiko cedera pada postur, gaya, penggunaan otot dan pergerakan pekerja saat bekerja. Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan merevisi gerakan yang dilakukan operator CB dengan mengatur ekonomi gerakannya menggunakan fasilitas meja yang *adjustable* sehingga posisi operator tidak perlu jongkok.

d. Penelitian Mengenai Perancangan Alat

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyu dan Ade (2012) yaitu dengan menganalisis salah satu kegiatan di UD. Sartika yang bergerak di bidang makanan ringan khas Cilegon. Produk yang dihasilkan yaitu emping dan ceplis yang dapat menghabiskan waktu selama 5 jam dari waktu prosesnya yaitu 8 jam perhari. Adanya permasalahan yang muncul yaitu timbulnya rasa sakit pada postur tubuh

pekerja seperti di pinggang, sakit leher, sakit bahu, sakit punggung, sakit lengan dan pergelangan tangan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai postur pada proses pemipihan emping dan ceplis dengan pendekatan ergonomi dan anthropometri yaitu menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* dan metode RULA. Data yang diperlukan adalah postur tubuh dengan menggunakan form RULA yang akan meminimalisir postur kerja guna untuk merancang ulang alat pemipihan dengan membuat meja dan alat pemipihan agar mempermudah, mempercepat pemipihan biji melinjo dan mengurangi keluhan postur tubuh pekerja.

e. Penelitian Mengenai Ergonomi

Wonil, dkk (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh penempatan sensor pada analisis postur batang untuk kegiatan konstruksi yang menggunakan dua sistem *off-the-shelf*. Percobaan dilakukan dengan menggunakan satu parameter yang dapat memonitor sensor seperti *SPMWS*, *ActiGraph GT9X Link* yang dipasang di enam lokasi tubuh dan sensor pemantau parameter (multi-parameter) *MPMWS*, *Zephyr BioHarness™* yang dipasang di dua posisi tubuh. Data yang digunakan yaitu dengan merekrut seorang pria sehat untuk dapat melakukan 10 percobaan sesi dan mengulang pengukuran postur batang. Diperlukan pengukuran ikat pinggang tunggal karena kedua *MPMWS* yang dikenakan di dada dan *SPMWS* cenderung bisa berguna untuk mengukur kumulatif jangka panjang. Studi ini menunjukkan bahwa keduanya *MPMWS* yang dikenakan di dada dan di bawah ketiak berpotensi diterima untuk tugas lambat dalam postur non-netral dibandingkan dengan *SPMWS* dalam postur simetris *single-axis*.

Jurnal yang dibuat oleh Maheswar dan Jawalkar (2014) berisikan tentang penelitian mengenai aspek ergonomis untuk merancang sebuah *prototype* meja yang digunakan untuk murid Sekolah Dasar. Analisis yang digunakan adalah pendekatan anthropometri pada beberapa anak Sekolah Dasar berumur 6-11 tahun di Guadalaraja, Meksiko. Penelitian ini melibatkan penggunaan kuesioner (survei fisik), penilaian seluruh tubuh (Semi Kuantitatif) dan *Rapid Upper Body Assessment* (RUBA) untuk memenuhi persyaratan desain ergonomis. Pada tahap pengembangan, biaya produksi, kemudahan pengelolaan, pemasangan dan penyimpanan menjadi faktor penting yang dilakukan. Kuesioner berdasarkan evaluasi kenyamanan subyektif menunjukkan tingkat respons dan kepuasan yang baik sampai 94%. Rekomendasi dari studi tersebut menunjukkan bahwa desain semacam itu bisa digunakan di sekolah dan bisa dibuat lebih menarik dengan modifikasi estetis.

Jonathan dkk (2011) menyatakan bahwa adanya kondisi lingkungan kerja yang tidak baik dapat menghasilkan rasa sakit muskuloskeletal. Hal ini jarang dilaporkan dalam literatur bedah. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji ketidaknyamanan dan cedera akibat kerja ahli otolaringologi anak dan untuk menilai pengetahuan mereka tentang prinsip ergonomi di tempat kerjanya. Hasil utama adalah beberapa dokter pernah mengalami ketidaknyamanan atau hanya gejala fisik yang diterimanya ketika sedang melakukan operasi bedah. Penelitian ini memiliki tingkat respon 43,7% yang tercapai dan 62,0% responden melaporkan mengalami rasa sakit atau ketidaknyamanan setelah melakukan operasi bedah. Dokter wanita memiliki kecenderungan ketidaknyamanannya. Beberapa ahli bedah (31,0%) sudah menyadari prinsip ergonomi dan 83,9% telah menerapkan prinsip ergonomis ketika menjalankan praktik bedah. Temuan ini dapat mengkonfirmasi bahwa kebanyakan dokter percaya bahwa kesehatan fisik mereka dipengaruhi oleh lingkungan ruang operasi. Peningkatan pengetahuan tentang bedah ergonomi dapat menyebabkan strategi yang memperbaiki kesehatan dan keselamatan di tempat kerja. Dalam tinjauan komprehensif, NIOSH menemukan terjadinya gangguan muskuloskeletal di leher. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan perbaikan pada kondisi lingkungan kerja mereka dan peletakan fasilitas yang memudahkan pergerakan saat melakukan operasi bedah pasien.

Hanani, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai adanya ketidakcocokan dimensi tubuh anak dengan perabot sekolah. Perabotan sekolah dapat dirancang untuk berdasarkan antropometriknya, sehingga dapat membantu anak sekolah melakukan aktivitas dengan nyaman. Studi kuantitatif ini difokuskan pada empat wilayah di Malaysia. Data yang digunakan merupakan total sampel 2.400 anak sekolah dasar dari usia 7-17 tahun dari pedesaan dan s perkotaan, baik perempuan maupun laki-laki. Terdapat enam aspek antropometri diukur: perawakan, tinggi subskapular, lebar bahu, lebar pinggul, panjang poplite pantat, dan tinggi poplite. Pengukuran dievaluasi menggunakan SPSS yaitu tes-*T Paired* yang nantinya digunakan untuk pengukuran perbedaan antropometri antar tiap daerah. Setiap daerah menunjukkan hasil yang berbeda ketika daerah pedesaan dan perkotaannya dibandingkan. Hasil ini menunjukkan bahwa antropometri memiliki perbedaan di daerah tertentu. Pentingnya mengetahui hal tersebut akan membantu meringankan variasi ukuran produk (seperti furnitur) berdasarkan lokasi.

Faisal dkk (2013) melakukan penilaian mengenai tata letak stasiun kerja perusahaan. Strategi ergonomis yang efektif dapat meningkatkan produktivitas kerja, mengurangi cedera tubuh dan memperbaiki stasiun kerja yang kurang baik. Ergonomi dapat mendukung *lean transformation* dan *lean transformation* yang dapat mengurangi risiko ergonomis. Penelitian ini menggunakan pemetaan *value stream*, analisis *Fishbone* dan analisis diagram *Spaghetti*. Teknik *lean* yang digunakan didasarkan pada lima langkah utama yaitu mengidentifikasi nilai peta arus, menciptakan arus, membangun daya tarik dan mencari kesempurnaan. Penilaian ergonomis yang diterapkan dalam melakukan perbaikan ini terdiri dari identifikasi kebutuhan, risiko pemetaan, penilaian risiko, eliminasi risiko dan standarisasi. Perbaikan terhadap proses *lean manual* saat ini dalam pembuatan *server* dapat mengurangi risiko ergonomis, meningkatkan kinerja operator dan meningkatkan citra perusahaan sendiri. Penilaian ergonomis yang berkesinambungan diperlukan terhadap umpan balik di tempat kerja dan kerja operator harus dipertimbangkan. Alat ergonomis seperti peta arus nilai ergonomi (eVSM), diagram *Fishbone* dan *Spaghetti* ergonomis dan standar kerja ergonomis dikembangkan untuk memantau adanya perkembangan kinerja perusahaan terhadap tata letak *lean manufacturing*.

2.1.2. Penelitian Sekarang

UKM Alifah Craft menghasilkan produk kipas sebagai souvenir pernikahan untuk memenuhi kebutuhan dari permintaan konsumen. Tahapan proses produksi dengan jumlah besar menuntut industri ini untuk memperhatikan kesehatan dan keselamatan kerja operatornya. Dalam meningkatkan adanya performansi dan produktivitasnya operator, diperlukan suatu metode yang dapat mengurangi tingkat risiko yang dapat menimbulkan keluhan kerja. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran postur kerja yaitu REBA yang sudah disesuaikan dengan jenis postur tubuh operator. Penggunaan analisis lainnya yaitu kuesioner *Nordic Body Map* dan analisis biomekanika dan uji *T-Paired* untuk mengukur pengaruh faktor lingkungan di sekitar operator. Hasil perhitungan gaya dari analisis biomekanika dan analisis faktor lingkungan akan dibandingkan dengan hasil akhir ketika operator menggunakan fasilitas alat baru.

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Penelitian	Obyek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Output
Diah dan Karina (2011)	Pekerja <i>wheel chock</i>	Anthropometri, Biomekanika, K3	Rancangan alat bantu <i>wheel chock</i>
Dwinanto (2016)	Pekerja pemotongan lidah buaya	Anthropometri, NBM, Waktu proses, K3, Ergonomika, Beban Kerja	Rancangan meja pemotongan <i>adjustable</i>
Nataya dkk (2011)	Pekerja <i>Circuit Board</i>	RULA, Ergonomi <i>checklist hazard</i> , K3, Biomekanika, Software Mannequin Pro 10.2	Rancangan ulang alat service CB (Man. Pro 10.2)
Wahyu dan Ade (2012)	Pekerja alat pemipih	NBM, RULA, Ergonomika, Anthropometri, Biomekanika	Rancangan alat pemipihan
Wonil dkk (2016)	Pekerja konstruksi	Anthrograph GT9X, Biomekanika, Anthropometri, NIOSH	Rancangan alat pelindung sonal
Maheswar dan Jawalkar (2011)	Anak Sekolah Dasar di Meksiko (6-10 tahun)	Ergonomika, Anthropometri	Rancangan meja dan kursi belajar
Jonathan dkk (2011)	Dokter/ Ahli bedah	Ergonomika, Anthropometri, NIOSH	Rancangan metode SOP
Hanani dkk (2017)	Anak Sekolah Dasar di Malaysia	Ergonomika, Anthropometri	Rancangan meja dan kursi belajar
Faisal dkk (2013)	Pekerja industri	Eronomika <i>assesment</i> , Lean tools, Digital human modelling, SIPOC, Value stream maps, Fishbone	Rancangan stasiun kerja
Agatha Nindyaduhita Dristia	Pekerja Pembelahan Bambu	Ergonomika, Anthropometri, NBM, QEC, RULA, Peta Tangan Kanan dan Tangan Kiri	Rancangan fasilitas alat pembelahan bambu

2.2. Landasan Teori

Dalam sub bab ini akan dijelaskan mengenai dasar teori yang akan digunakan untuk membahas penelitian ini.

2.2.1. Pengertian Ergonomi

Ergonomi atau *Ergonomics* (bahasa Inggrisnya) sebenarnya berasal dari kata Yunani yaitu *Ergo* yang berarti kerja dan *Nomos* yang berarti aturan atau hukum. Setiap aktivitas yang dilakukan yang tidak dilakukan secara ergonomis akan mengakibatkan ketidaknyamanan, biaya tinggi, kecelakaan dan penyakit akibat kerja meningkat, performansi menurun yang berakibat kepada penurunan efisiensi dan daya kerja. Dengan demikian, penerapan ergonomi di segala bidang adalah suatu keharusan (Tarwaka, dkk, 2004). Menurut Pulat (1992), ergonomi secara sederhana didefinisikan sebagai studi berkaitan dengan interaksi antara manusia dengan peralatan yang digunakan dan lingkungannya.

Dalam perkembangan selanjutnya, ergonomi dikelompokkan atas empat bidang penyelidikan, menurut (Sutalaksana, 2006) dalam bukunya yaitu :

- a. Penyelidikan tentang tampilan (display). Tampilan (display) adalah suatu perangkat antara (interface) yang menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan, dan mengkomunikasikannya pada manusia dalam bentuk tanda-tanda, angka, lambang dan sebagainya.
- b. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia Dalam hal ini diselidiki tentang aktivitas-aktivitas manusia ketika bekerja dan kemudian dipelajari cara mengukur aktivitas-aktivitas tersebut.
- c. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja. Penyelidikan ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran (dimensi) tubuh manusia, agar diperoleh tempat kerja yang baik, yang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia.
- d. Penyelidikan tentang lingkungan kerja. Penyelidikan ini meliputi kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas kerja seperti pengaturan cahaya, kebisingan suara, temperatur, getaran dll. Yang dianggap dapat mempengaruhi tingkah laku manusia.

Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi adalah (Tarwaka dan Bakri, 2004):

- 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.

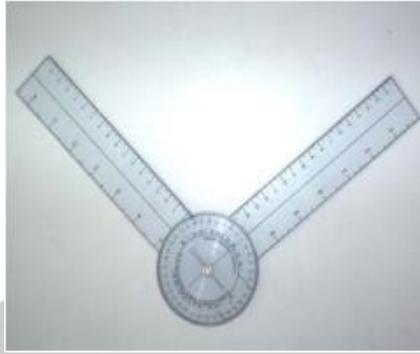
2.2.2. Anthropometri

Menurut (Wignjosoebroto, 2004) dalam bukunya istilah antropometri berasal dari *Anthro* yang berarti manusia dan *Metri* yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Menurut Pulat (1992), data antropometri dapat digunakan untuk mendesain pakaian, tempat kerja, lingkungan kerja, mesin, alat dan sarana kerja serta produk-produk untuk konsumen. Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Kesesuaian hubungan antara anthropometri pekerja dengan alat yang digunakan sangat berpengaruh pada sikap kerja, tingkat kelelahan, kemampuan kerja dan produktivitas kerja (Tarwaka, dkk, 2004). Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain 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 komputer dll.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik

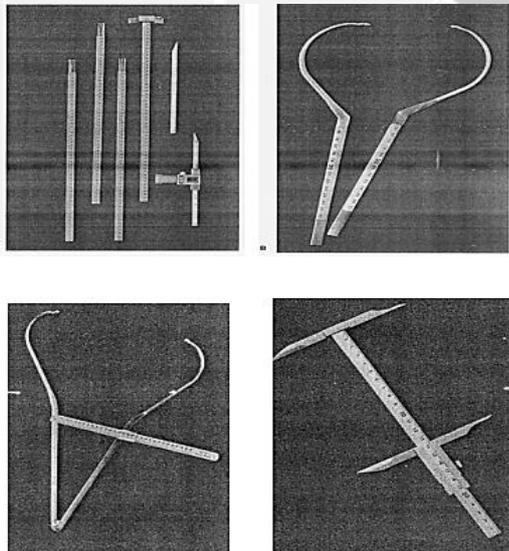
Data antropometri sangat penting dalam menentukan alat dan cara mengoperasikannya. Kesesuaian hubungan antara antropometri pekerja dengan alat yang digunakan sangat berpengaruh pada sikap kerja, tingkat kelelahan, kemampuan kerja dan produktivitas kerja. Anthropometri juga menentukan dalam seleksi penerimaan tenaga kerja, misalnya orang gemuk tidak cocok untuk pekerjaan di tempat suhu tinggi, pekerjaan yang memerlukan kelincahan, dll. Alat-alat yang digunakan pada Anthropometri:

- a. Goniometer ini dipakai untuk mengukur lekukan-lekukan tubuh manusia.

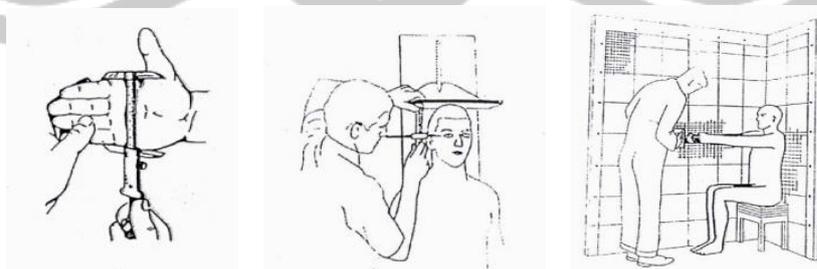


Gambar 2.1. Goniometer

b. Anthropometer dipakai untuk mengukur dimensi bagian kepala, tubuh, tangan dan kaki



Gambar 2.2. Jenis-jenis Anthropometer



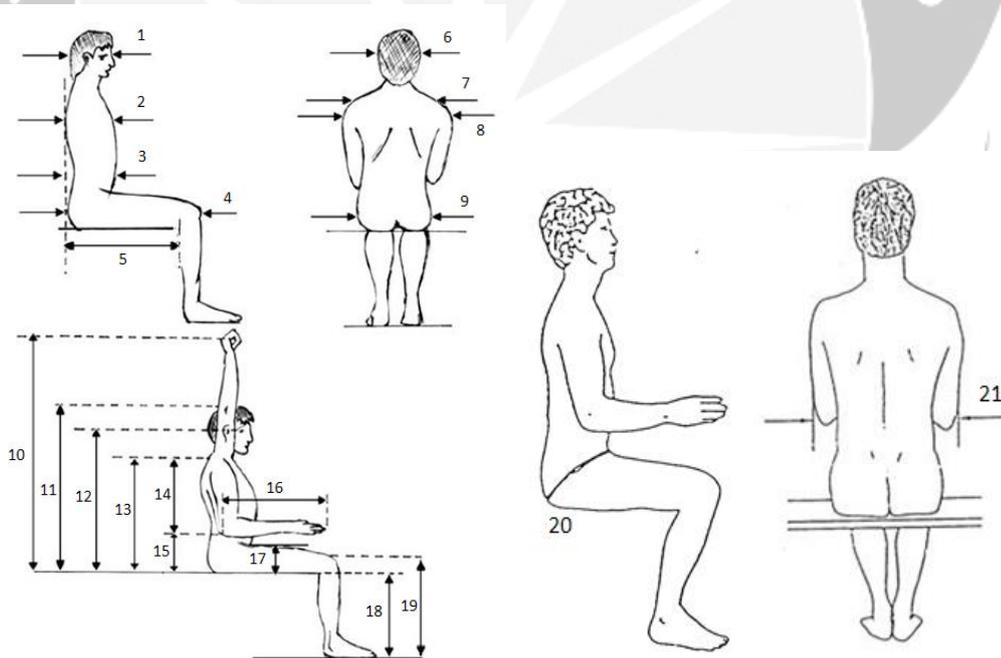
Gambar 2.3. Penggunaan Anthropometer pada Bagian Tangan, Kepala dan dengan Sistem Grid

c. Kursi antropometri ini dipakai untuk mengukur data-data antropometri manusia dalam posisi duduk.



Gambar 2.4. Kursi Anthropometer

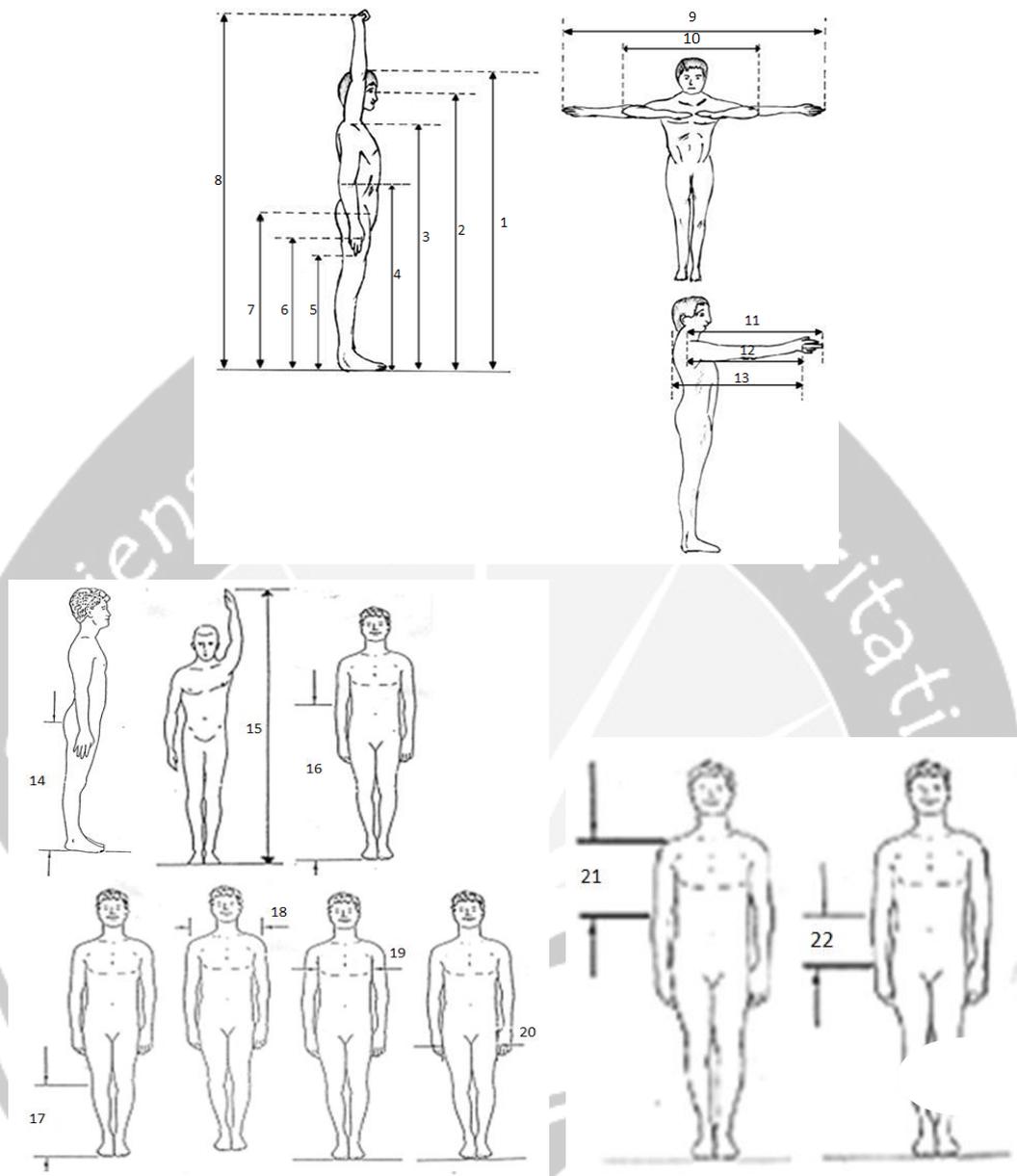
Dimensi antropometri dibagi menjadi 2 posisi, yaitu pada posisi berdiri dan pada posisi duduk. Jenis-jenis dari antropometri keseluruhan badan manusia yaitu bagian badan, kepala, tangan, dan kaki. Penjelasan bagiandari dimensi tubuh manusia pada masing-masing antropometri adalah sebagai berikut (Chuan dkk, 2010) :



Gambar 2.5. Anthropometri Tubuh Posisi Duduk

Tabel 2.2. Simbol Antropometri pada Posisi Duduk

NO	NAMA DIMENSI TUBUH	SIMBOL
1	Panjang kepala	Pkd
2	Tebal dada	tdd
3	Tebal perut	tpr
4	Panjang lutut, duduk	Jpl
5	Panjang pantat ke popliteal	Pkp
6	Lebar kepala	Lkp
7	Lebar bahu bagian atas	Lba
8	Lebar bahu, duduk	Lbd
9	Lebar pinggul duduk	Lpd
10	Tinggi genggam ke atas. duduk	Tgd
11	Tinggi duduk tegak	Tdt
12	Tinggi mata duduk	Tmd
13	Tinggi bahu duduk	Tbd
14	Panjang bahu ke siku	Bks
15	Tinggi siku duduk	Tsd
16	Panjang lengan bawah duduk	Plb
17	Tebal paha duduk	Thd
18	Tinggi popliteal duduk	Tpd
19	Tinggi lutut duduk	Tld
20	Keliling pantat duduk	klp
21	Lebar siku ke siku duduk	Sks

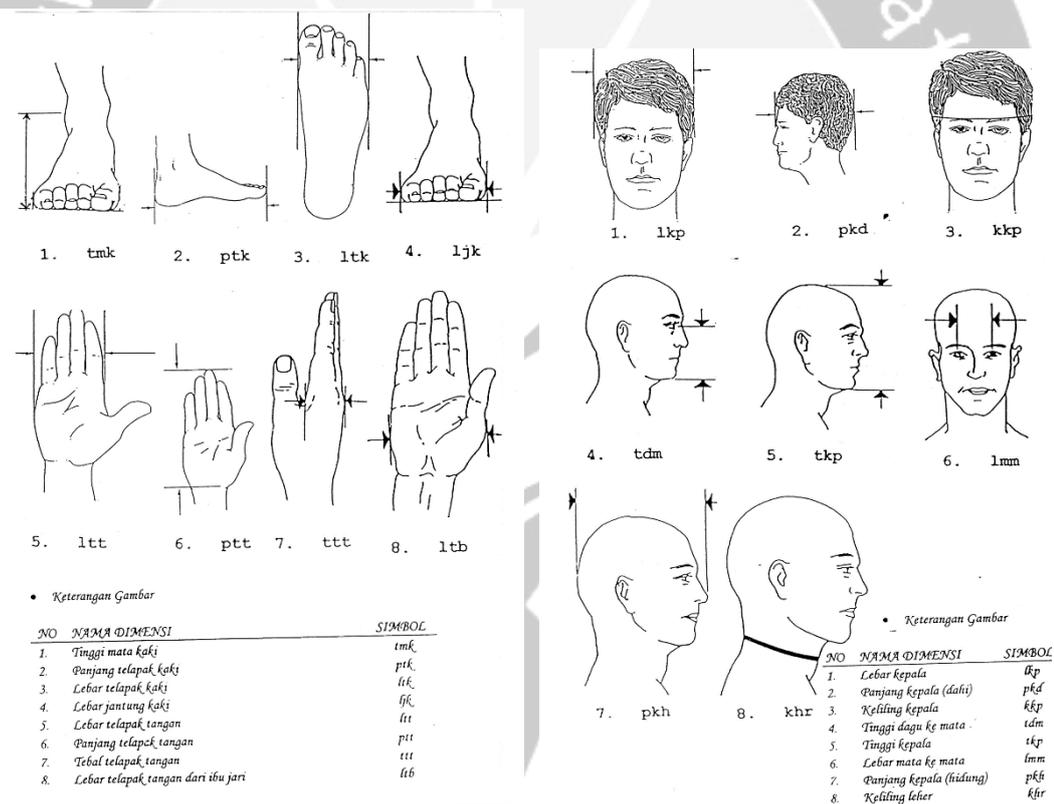


Gambar 2.6. Anthropometri Tubuh Posisi Berdiri

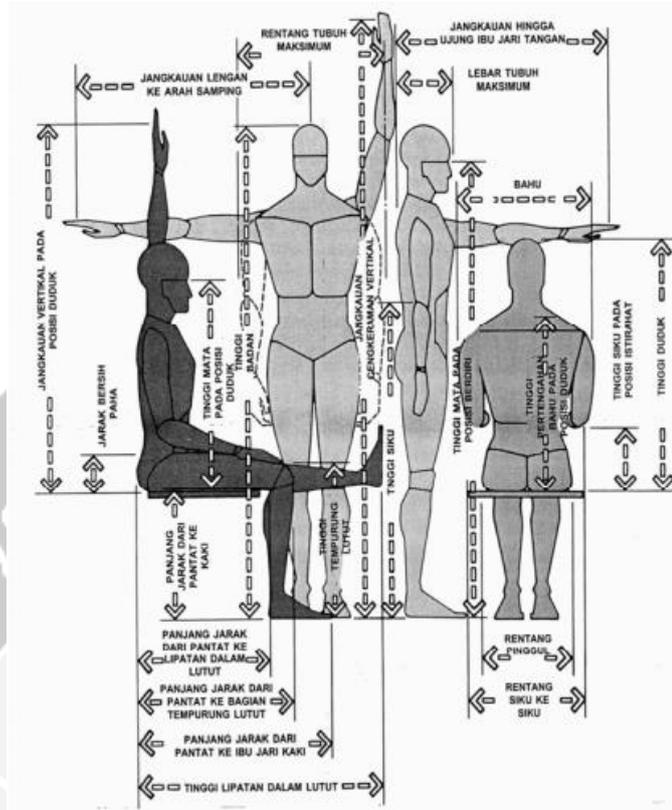
Tabel 2.3. Simbol Antropometri pada Posisi Berdiri

NO	NAMA DIMENSI TUBUH	SIMBOL
1	Tinggi Tubuh	Tbb
2	Tinggi mata badan	Tmb
3	Tinggi bahu	Tbh
4	Tinggi siku	Tsb
5	Tinggi ujung jari	Tuj
6	Tinggi tulang ruas	Ttr
7	Tinggi pinggul	Tpl
8	Tinggi genggam tangan	Tgg

NO	NAMA DIMENSI TUBUH	SIMBOL
9	Panjang rentangan tangan	prt
10	Panjang rentangan siku	prs
11	Jangkauan tangan	jkt
12	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	pbg
13	Panjang genggaman ke depan	pgd
14	Tinggi pergelangan tangan	tgt
15	Tinggi jangkauan tangan	tjt
16	Tinggi pinggang	tpg
17	Tinggi tulang kering	ttk
18	Lebar bahu berdiri	lbh
19	Lebar dada	ldd
20	Lebar pinggul berdiri	lpb
21	Panjang bahu ke siku	pkb
22	Panjang siku ke pergelangan tangan	pst



Gambar 2.7. Anthropometri Bagian Telapak Kaki dan Tangan dan Bagian Kepala



Gambar 2.8 Ukuran Tubuh Manusia yang Sering Digunakan untuk Merancang Produk

2.2.3. Sikap dan Postur Kerja

a. Desain Stasiun Kerja dan Sikap Kerja Duduk

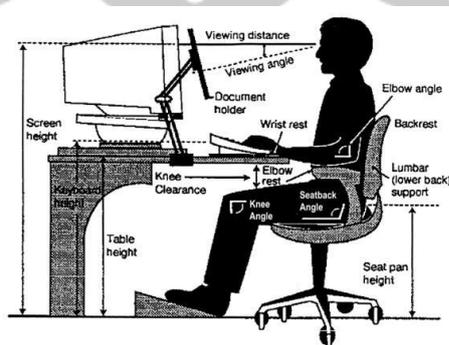
Penggunaan meja dan kursi kerja ukuran baku oleh orang yang mempunyai ukuran tubuh yang lebih tinggi atau sikap duduk yang terlalu tinggi sedikit banyak akan berpengaruh terhadap hasil kerjanya. Pada waktu bekerja diusahakan agar bersikap secara alamiah dan bergerak optimal (Suhardi, 2008). Grandjean (1993) berpendapat bahwa bekerja dengan posisi duduk mempunyai keuntungan antara lain pembebanan pada kaki; pemakaian energi dan keperluan untuk sirkulasi darah dapat dikurangi. Mengingat posisi duduk mempunyai keuntungan maupun kerugian, maka untuk mendapatkan hasil kerja yang lebih baik tanpa pengaruh buruk pada tubuh, perlu dipertimbangkan pada jenis pekerjaan apa saja yang sesuai dilakukan dengan posisi duduk. Menurut Pulat (1992) memberikan pertimbangan tentang pekerjaan yang paling baik dilakukan dengan posisi duduk adalah sebagai berikut: :

- i. Pekerjaan yang memerlukan kontrol dengan teliti pada kaki
- ii. Pekerjaan utama adalah menulis atau memerlukan ketelitian pada tangan

- iii. Tidak diperlukan tenaga dorong yang besar
- iv. Objek yang dipegang tidak memerlukan tangan bekerja pada ketinggian lebih dari 15 cm dari landasan kerja
- v. Diperlukan tingkat kestabilan tubuh yang tinggi
- vi. Pekerjaan dilakukan pada waktu yang lama
- vii. Seluruh objek yang dikerjakan atau disuplai masih dalam jangkauan dengan posisi duduk.

Pulat (1992) menyatakan bahwa desain stasiun kerja dengan posisi duduk mempunyai derajat stabilitas tubuh yang tinggi; mengurangi kelelahan dan keluhan subjektif bila bekerja lebih dari 2 jam. Di samping itu tenaga kerja juga dapat mengendalikan kaki untuk melakukan gerakan (Tarwaka dan Sudiajeng, 2004). Pekerjaan yang dilakukan dengan posisi duduk, tempat duduk yang dipakai harus memungkinkan untuk melakukan variasi perubahan posisi. Ukuran tempat duduk disesuaikan dengan dimensi ukuran antropometri pemakainya. Fleksi lutut membentuk sudut 90° dengan telapak kaki bertumpu pada lantai atau injakan kaki (Pheasant, 1988). Sanders & McCormick (1987) memberikan pedoman untuk mengatur ketinggian landasan kerja pada posisi duduk sebagai berikut:

- i. Jika memungkinkan menyediakan meja yang dapat diatur turun dan naik
- ii. Landasan kerja harus memungkinkan lengan menggantung pada posisi rileks dari bahu, dengan lengan bawah mendekati posisi horizontal atau sedikit menurun (sloping down slightly)
- iii. Ketinggian landasan kerja tidak memerlukan fleksi tulang belakang yang berlebihan.

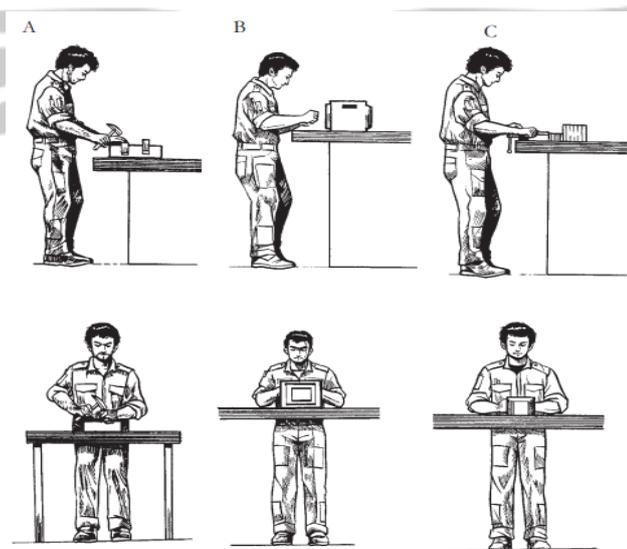


Gambar 2.9. Stasiun Kerja untuk Sikap Duduk

b. Desain Stasiun Kerja dan Sikap Kerja Berdiri

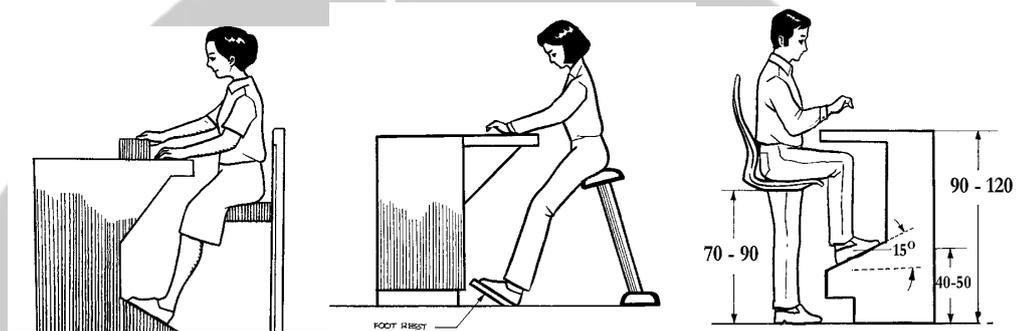
Posisi berdiri juga banyak ditemukan di perusahaan. Seperti halnya posisi duduk, posisi kerja berdiri juga mempunyai keuntungan maupun kerugian. Menurut Satalaksana (2006), bahwa sikap berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental, sehingga aktivitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat dan teliti. Namun demikian mengubah posisi duduk ke berdiri dengan masih menggunakan alat kerja yang sama akan melelahkan. Pada dasarnya berdiri itu sendiri lebih melelahkan daripada duduk dan energi yang dikeluarkan untuk berdiri lebih banyak 10 -15% dibandingkan dengan duduk. Pada desain stasiun kerja berdiri, apabila tenaga kerja harus bekerja untuk periode yang lama, maka faktor kelelahan menjadi utama. 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. Pulat (1992) dan Clark (1996) memberikan pertimbangan tentang pekerjaan yang paling baik dilakukan dengan posisi berdiri adalah sebagai berikut:

- i. Tidak tersedia tempat untuk kaki dan lutut
- ii. Harus memegang objek yang berat (lebih dari 4,5 Kg). Sering menjangkau ke atas, ke bawah, dan ke samping
- iii. Sering dilakukan pekerjaan dengan menekan ke bawah
- iv. Diperlukan mobilitas tinggi.



Gambar 2.10. Stasiun Kerja Untuk Sikap Berdiri

Desain stasiun kerja sangat ditentukan oleh jenis dan sifat pekerjaan yang dilakukan. Baik desain stasiun kerja untuk posisi duduk maupun berdiri ke duanya mempunyai keuntungan dan kerugian. Clark (1996) mencoba mengambil keuntungan dari ke dua posisi tersebut dan mengkombinasikan desain stasiun kerja untuk posisi duduk dan berdiri menjadi satu desain dengan batasan sebagai berikut:



Gambar 2.11. Stasiun Kerja dan Sikap Kerja Dinamis

Tabel 2.4 Jenis Pekerjaan dan Pertimbangannya untuk Dipilih

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

2.2.4. Sistem dan Keluhan *Muskuloskeletal*

Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot 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 dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *muskuloskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem

muskuloskeletal (Grandjean, 1993). Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

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

Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Studi tentang MSDs pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan adalah otot rangka (skeletal) yang meliputi otot leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang dan otot-otot bagian bawah.

Peter Vi (2000) menjelaskan bahwa, terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal yaitu:

- a. Peregangan otot yang berlebihan
- b. Aktivitas berulang
- c. Sikap kerja tidak alamiah
- d. Faktor penyebab sekunder (tekanan, getaran dan iklim mikro)
- e. Penyebab kombinasi (umur, jenis kelamin, kebiasaan merokok, kesegaran jasmani, kekuatan fisik dan ukuran tubuh)

2.2.5. Faktor Lingkungan Fisik

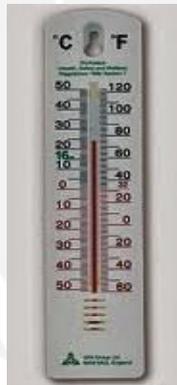
Menurut Tarwaka (2004), di tempat kerja terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja seperti faktor fisik, faktor kimia, faktor biologis dan faktor psikologis. Semua faktor tersebut dapat menimbulkan gangguan terhadap suasana kerja dan berpengaruh terhadap kesehatan dan keselamatan tenaga kerja. Menurut Wignjosoebroto (1995) dan Satalaksana dkk (2006), berikut beberapa faktor lingkungan fisik yang dapat mempengaruhi aktivitas kerja manusia yaitu:

- a. Temperatur

Menurut Grantham (1992) reaksi fisiologis akibat pemaparan panas yang berlebihan dapat dimulai dari gangguan fisiologis yang sangat sederhana sampai dengan terjadinya penyakit yang sangat serius. Secara ringkas teknik pengendalian terhadap pemaparan tekanan panas di perusahaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- i. Mengurangi faktor beban kerja dengan mekanisasi

- ii. Mengurangi beban panas radian
- iii. Mengurangi temperatur dan kelembaban. Cara ini dapat dilakukan melalui ventilasi pengenceran (*dilution ventilation*) atau pendinginan secara mekanis (*mechanical cooling*). Cara ini telah terbukti secara dramatis dapat menghemat biaya dan meningkatkan kenyamanan (Bernard, 1996).
- iv. Meningkatkan pergerakan udara. Peningkatan pergerakan udara melalui ventilasi buatan dimaksudkan untuk memperluas pendinginan evaporasi, tetapi tidak boleh melebihi 0,2 m/det. Sehingga perlu dipertimbangkan bahwa menambah pergerakan udara pada temperatur yang tinggi (>40°C) dapat berakibat kepada peningkatan tekanan panas.
- v. Pembatasan terhadap waktu pemaparan panas



Gambar 2.12. Termometer (Alat Ukur Suhu)

b. Kelembaban (*humidity*)

Di dasarkan pada rekomendasi NIOSH (1984), tentang kriteria untuk suhu nyaman suhu udara dalam ruang yang dapat diterima adalah berkisar antara: 20 - 24°C untuk musim dingin dan 23 - 26°C untuk musim panas pada kelembaban 35 - 65 %. Rata-rata gerakan udara untuk ruang yang ditempati tidak melebihi 0,15 m/det untuk musim dingin dan 0,25 m/det untuk musim panas. Kecepatan udara di bawah 0,07 m/det akan memberikan rasa yang tidak enak di badan dan rasa tidak nyaman. WHO (1976) memberikan rekomendasi tentang kecepatan gerakan udara dan kelembaban yang harus disesuaikan dengan kondisi suhu udara setempat untuk mendapatkan udara yang nyaman.



Gambar 2.13. Hygrometer (Alat Ukur Kelembaban)

Tabel 2.5. Kondisi yang dapat Mempengaruhi Kualitas Udara

SUHU		KELEMBABAN (%)	KECEPATAN UDARA	
Suhu Kering °C	Suhu Basah °C		Minimum (m/det)	Maksimum (m/det)
21	19	80	0,15	0,30
24	16	40	0,15	0,30
24	18	60	0,25	0,40
24	21	80	0,25	0,50
27	16	30	0,25	0,50
27	19	50	0,40	0,50
27	23	75	0,50	0,80
29	16	25	0,40	0,80
29	19	45	0,50	0,80
29	23	65	0,80	0,80
32	17	20	0,50	0,80
32	22	40	0,80	0,80
32	26	60	1,00	1,00

c. Kebisingan

Pengertian kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki yang bersifat mengganggu pendengaran dan bahkan dapat menurunkan daya dengar seseorang yang terpapar (WHS, 1993), sedangkan definisi kebisingan menurut Kepmenkes (2002) adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Suara atau bunyi dapat dirasakan oleh indra pendengaran akibat adanya rangsangan getaran yang datang melalui media yang berasal dari benda yang bergetar. Frekuensi dinyatakan dalam jumlah getaran per detik atau Herz (Hz) yaitu jumlah getaran yang sampai ke telinga setiap detiknya, sedangkan intensitas/ arus energi

lazimnya dinyatakan dalam desibel (dB) yaitu perbandingan antara kekuatan dasar bunyi (0,0002 dyne/cm²) dengan frekuensi (1.000 Hz) yang tepat dapat didengar oleh telinga normal.



Gambar 2.14. Sound Level meter (Alat Ukur Kebisingan)

Tabel 2.6. Batas Waktu Pemaparan Terhadap Intensitas Kebisingan

Batas Waktu Pemaparan Per Hari Kerja		Intensitas Kebisingan Dalam dB(A)
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88	Detik	109
0,94		112
28,12		115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44	133	
0,22	135	
0,11	139	

d. *Pencahayaan (lighting)*

Menurut Tarwaka (2004), tenaga kerja di samping harus dengan jelas dapat melihat objek-objek yang sedang dikerjakan juga harus dapat melihat dengan jelas pula benda / alat dan tempat di sekitarnya yang mungkin mengakibatkan kecelakaan. Maka penerangan umum harus memadai. Dalam suatu pabrik di mana banyak terdapat mesin – mesin dan proses pekerjaan yang berbahaya maka penerangan harus didesain sedemikian rupa sehingga dapat mengurangi kecelakaan kerja. Pencahayaan dibutuhkan untuk melihat benda-benda

disekitar dengan jelas, jika pencahayaan kurang, kita akan kesulitan dalam melihat benda-benda di sekitar kita dengan jelas dan pada akhirnya mata kita akan kelelahan. Menurut Grandjean (1993) penerangan yang tidak didesain dengan baik akan menimbulkan gangguan atau kelelahan penglihatan selama kerja. Pengaruh dari penerangan yang kurang memenuhi syarat akan mengakibatkan:

- i. Kelelahan mata sehingga berkurangnya daya dan efisiensi kerja.
- ii. Kelelahan mental.
- iii. Keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala di sekitar mata.
- iv. Kerusakan indra mata



Gambar 2.15. Lux meter (Alat Ukur Pencahayaan)

Tabel 2.7. Tingkat Pemaparan Cahaya

JENIS KEGIATAN	TINGKAT PENCAHAYAAN MINIMAL (LUX)	KETERANGAN
Pekerjaan kasar dan tidak terus menerus	100	Ruang penyimpanan & ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu.
Pekerjaan kasar & terus menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar.
Pekerjaan rutin	300	R. administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin & perakitan/ penyusun.
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau berkerja dengan mesin kantor pekerja pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin.
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan tekstil, pekerjaan mesin halus & perakitan halus
Pekerjaan amat 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

e. Siklus udara

Udara yang kita hirup sehari-hari selama hidup di dunia ini ternyata bukanlah oksigen murni. Udara yang biasa dihirup oleh manusia terdiri dari 3 unsur utama yaitu udara kering, uap air dan aerosol. Kandungan udara kering yang ada mengandung uap air sekitar 1%, nitrogen sekitar 78%, argon sekitar 1%, oksigen sekitar 20%, karbondioksida 0,1% dan gas-as lainnya seperti hidrogen, helium, metana, xenon, argon, radon dan kripton. Oksigen yang tercampur dengan gas kotor akan mempengaruhi proses pernafasan pada manusia, karena oksigen yang telah tercemar dihirup manusia. Hal ini akan mempengaruhi kegiatan manusia dalam bekerja karena udara yang tidak sehat akan mengganggu tubuh manusia.

f. Getaran Mekanis

Getaran mekanis adalah sebuah getaran yang timbul karena adanya gerakan yang dihasilkan oleh alat mekanis yang dapat menghasilkan adanya sebuah efek dari kerja alat tersebut. Efek tersebut salah satunya adalah getaran yang mampu dirasakan keberadaannya oleh manusia, getaran ini juga dapat menimbulkan sesuatu yang tidak diinginkan oleh tubuh manusia. Besaran getaran dihitung dalam satuan frekuensi getarnya (getar/ detik) dan intensitas getaran (meter/detik) yang mampu dihasilkan dalam jarak tertentu. Hal ini tentu tidak sama dengan frekuensi yang dimiliki oleh manusia, karena tubuh manusia mampu menghasilkan frekuensi sendiri. Dapat mengganggu dan mempengaruhi kegiatan manusia saat bekerja, menghasilkan dampak buruk bagi tubuh manusia seperti gangguan peredaran, kelelahan otot, tulang dan lainnya, sedangkan efek jangka panjangnya dapat terkena penyakit *white finger*.

g. Warna

Di tempat kerja, warna juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi peralatan keselamatan dan benda-benda seperti pintu darurat. Jika warna yang sama selalu digunakan untuk menidentifikasi suatu bahaya khusus, maka reaksi yang tepat menjadi otomatis. Beberapa warna yang biasa digunakan sebagai kode keselamatan kerja adalah sebagai:

- i. Merah untuk tanda bahaya. Merah sebagai tanda peringatan untuk kebakaran, alat pemadam api dan alat-alat lainnya.

- ii. Kuning, biasanya kontras dengan hitam, bahaya tubrukan, look out, bahaya terpeleset. Kuning dan Hitam banyak digunakan sebagai peringatan di transportasi.

Tabel 2.8. Reflektan sebagai Persentase Cahaya

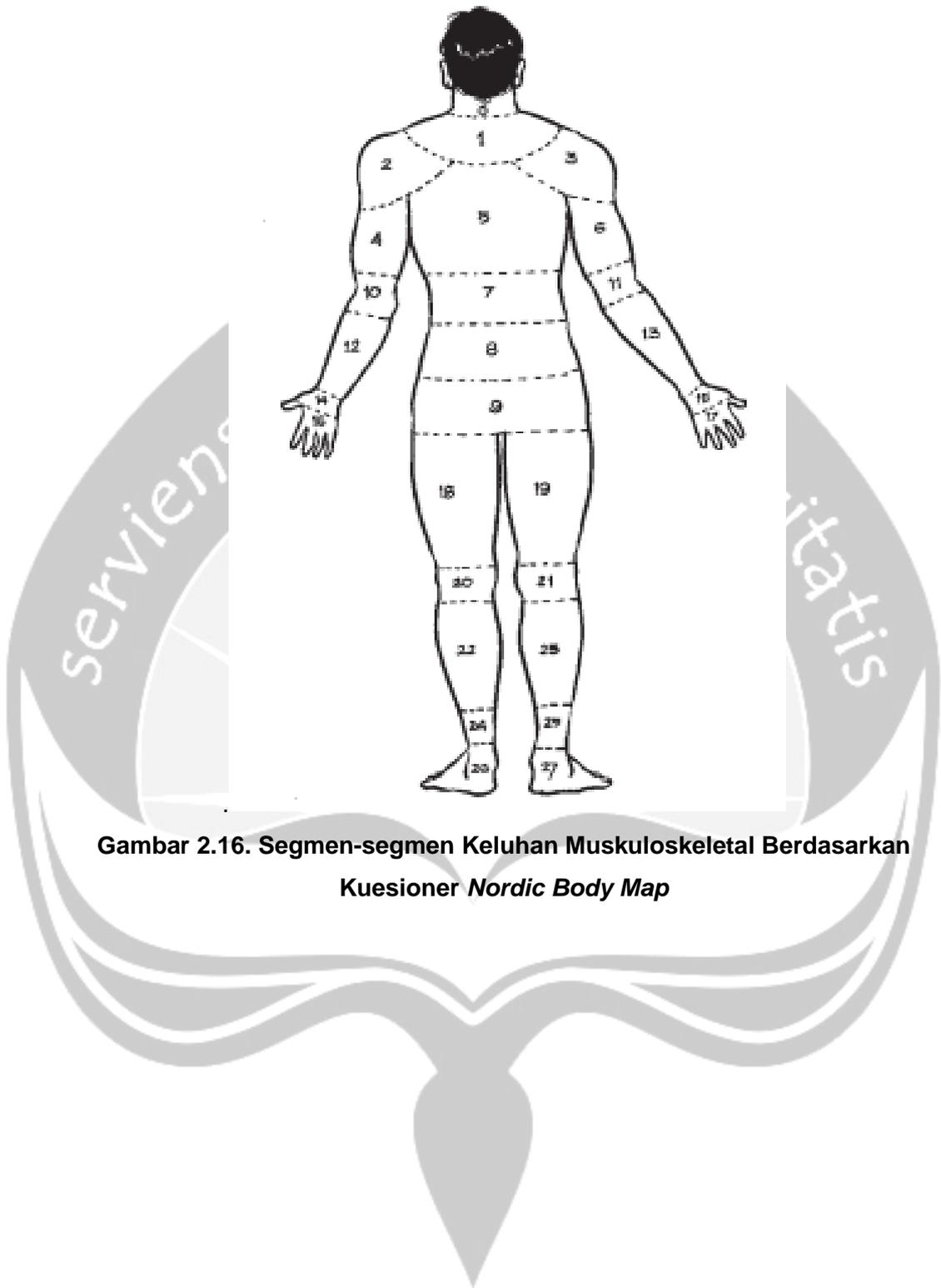
Bahan Warna	Reflektan (%)
* Putih	100
* Aluminium, kertas putih	80-85
* Warna gading, kuning lemon, Kuning dalam, hijau muda, biru pastel, pink pale, krim	60-65
* Hijau lime, abu-abu plae, pink, orange dalam, bluegrey	50-55
* Biru langit, kayu pale	40-45
* Pale oakwood, semen kering	30-35
* Merah dalam, hijau rumput, kayu, hijau daun, coklat	20-25
* Biru gelap, merah purple, coklat tua,	10-15
* hitam	0

h. Bau-bauan

Pencemaran dari udara salah satunya adalah bau-bauan, terlebih apabila bau-bauan tersebut terhirup oleh manusia. Dampak dalam jangka panjangnya tentu akan merusak indera penciuman manusia yaitu kepekaan menghirup suatu aroma. Hal yang dapat mempengaruhi bau-bauan adalah kelembaban udara dan suhu. Bau-bauan juga akan mencemari udara yang dihirup manusia ketika manusia bekerja sehingga akan mengganggu dan menurunkan produktivitas manusia ketika akan bekerja karena terganggu dengan udara di sekitar yang tidak sehat karena manusia menghirup udara yan telah tercemar oleh gas lainnya.

2.2.6. Nordic Body Map

Metode pengukuran yang digunakan dalam pengukuran biomekanika yaitu pengukuran secara analitik (Water & Anderson, 1996) dan pengukuran dengan menggunakan *Nordic Body Map* (NBM) (Corlett, 1992). *Nordic Body Map* adalah suatu penilaian dalam bentuk *cheklist* yang digunakan untuk mengenali sumber penyebab keluhan muskuloskeletal muncul pada tubuh seorang pekerja yang dimana penilaian berdasarkan dari pengamat dan juga operator yang dinilainya untuk dilakukan evaluasi perbaikan ergonomi. Melalui NBM dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit (Corlett, 1992).



Gambar 2.16. Segmen-segmen Keluhan Muskuloskeletal Berdasarkan Kuesioner *Nordic Body Map*

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	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
BAHU	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri
PUNGGUNG ATAS	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
SIKU	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua siku kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua siku kanan dan kiri
PUNGGUNG BAWAH	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
PERGELANGAN TANGAN	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri
BOKONG/PAHA	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri
LUTUT	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri
PERGELANGAN KAKI	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri

Gambar 2.17. Kuesioner Nordic Body Map

2.2.7. REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) adalah sebuah metode untuk menilai postur, gaya, dan gerakan suatu aktivitas kerja yang berkaitan dengan penggunaan anggota tubuh secara keseluruhan (*entire body*). Metode ini dikembangkan untuk menyelidiki resiko kelainan yang akan dialami oleh seorang pekerja dalam melakukan aktivitas kerja yang memanfaatkan anggota tubuh gerak secara keseluruhan (*upper limb*). REBA membagi bagian tubuh menjadi dua bagian, yaitu grup A dan B. Bagian A terdiri dari bagian leher, punggung, kaki dan beban yang diangkat, sedangkan pada bagian B terdiri dari lengan atas dan bawah, telapak tangan dan pegangan yang diangkat ketika mengangkat beban. Keluhan sakit yang dialami operator paling banyak terjadi pada tubuh bagian atas yaitu sekitar daerah pinggang dan leher, sehingga permasalahan ini dapat diselesaikan dengan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*). Ada 4 hal yang menjadi aplikasi utama dari REBA, yaitu untuk :

- a. Mengukur risiko 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.

REBA Employee Assessment Worksheet

based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

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

Neck Score

	1			2			3						
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	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
	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

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

	1			2			
Wrist	1	2	3	1	2	3	
Upper Arm Score	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

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60°+ (+2)

Leg Score

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

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

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

Scoring:
1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: 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 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Wrist Score

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

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

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

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

Table C Score	+	Activity Score
Final REBA Score		

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 REBA.

© 2004 Nasa Consulting, Inc.

provided by Practical Ergonomics

rbarker@ergosmart.com (816) 444-1667

Gambar 2.18. Rapid Upper Limb Assesment

2.2.8. Pengertian Biomekanika

Pulat (1992) menyebutkan bahwa biomekanika berkaitan dengan elemen mekanis dari makhluk hidup. Lain halnya dengan biomekanika kerja yang berhubungan dengan karakteristik mekanis dan gerakan dari tubuh manusia dan elemen didalamnya. Dalam pemanfaatannya biomekanika kerja memanfaatkan beberapa metode (Chaffin, 1999) :

a. Metode Kinesiologi

Membahas mengenai area kerja manusia serta gaya (*force*) yang menyebabkan pergerakan (*kinematic*), Melalui klasifikasi gerakan segmen tubuh dan identifikasi otot yang digunakan dalam bergerak, metode ini menyediakan model biomekanika secara kuantitatif.

b. Metode Model Biomekanika (*Biomechanical Modeling Methods*)

Model biomekanika ini dikembangkan untuk memperkirakan gaya serta momen yang digunakan tubuh saat pergerakan, model ini juga memperkirakan postur tubuh saat seseorang melakukan aktivitas yang berisiko menyebabkan cedera *muskuloskeletal*, dalam pengembangannya model biomekanika dapat dibedakan menurut tipe analisis gerakannya yaitu statis dan dinamis, sedangkan analisis gaya pada model tersebut dapat melalui pendekatan dua dimensi atau tiga dimensi.

c. Metode *Anthropometri*

Metode ini digunakan dalam perancangan sistem kerja manusia yang memerlukan pengukuran dimensi sehingga diperoleh rancangan yang *human centered design*.

d. Metode Evaluasi Kapasitas Kerja Mekanik

Metode ini digunakan untuk mengevaluasi suatu pekerjaan fisik apakah telah sesuai dengan kapasitas kerja manusia dari populasi normal, sehingga diharapkan manusia akan tetap sehat dalam menjalani aktivitasnya.

e. Metode Bioinstrumentasi

Pada metode ini digunakan elektromiograf dan teknik analisis yang berbasis komputer sebagai aplikasi bioinstrumentasi dalam biomekanika.

f. Metode Pengukuran dan Prediksi Waktu Kerja

Sistem klasifikasi pekerjaan dalam metode ini dimanfaatkan untuk menentukan elemen gerakan dalam suatu pekerjaan, *sampling* pekerjaan adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam biomekanika kerja, metode ini juga

bermanfaat untuk mengetahui ketidakcocokan (*mismatch*) antara rancangan yang diusulkan dengan tingkat produktivitas yang dicapai.

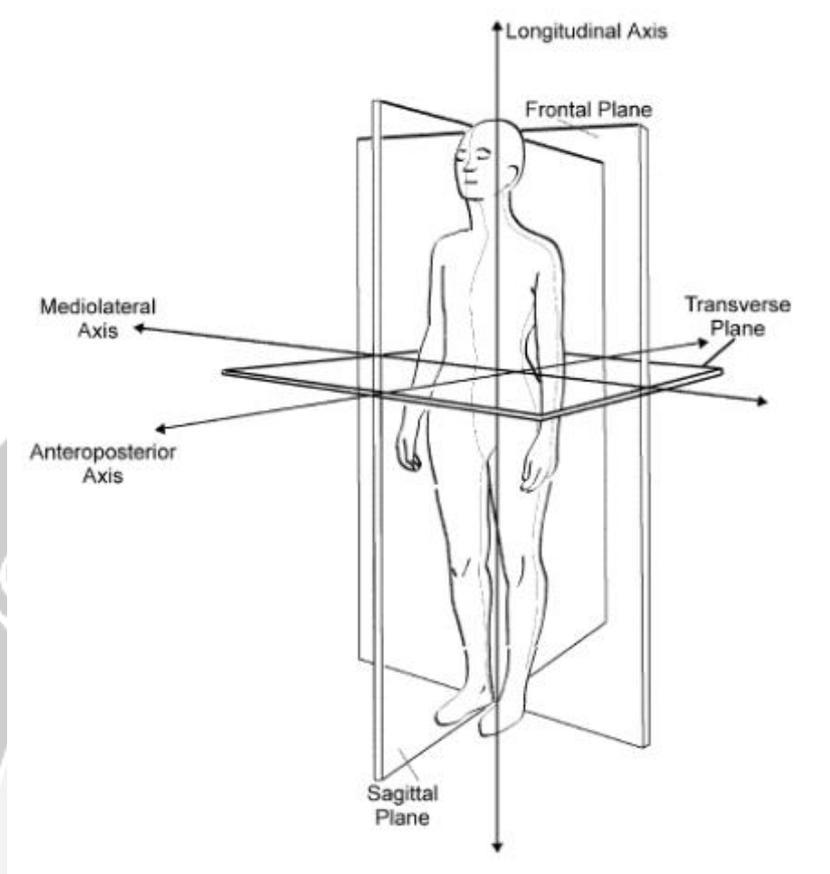
2.2.9. *Free Body Diagram*

Free Body Diagram (FBD) adalah satu representasi yang digunakan oleh fisikawan untuk mewakili proses yang melibatkan kekuatan. Instruktur fisika mengajarkan cara menggambar diagram dan mendorong untuk menggunakannya dalam memecahkan suatu masalah (Rosegrant, 2004). Menurut (Sutrisno, 2010) dalam artikelnya, *Free Body Diagram* adalah diagram yang menunjukkan arah dan besar relatif yang bekerja pada suatu benda tertentu. Menurut Phillips (2000) FBD adalah langkah penting dalam memecahkan masalah dalam biomekanika karena:

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

Lalu langkah-langkah analisis biomekanika menurut Philips (2000) yaitu:

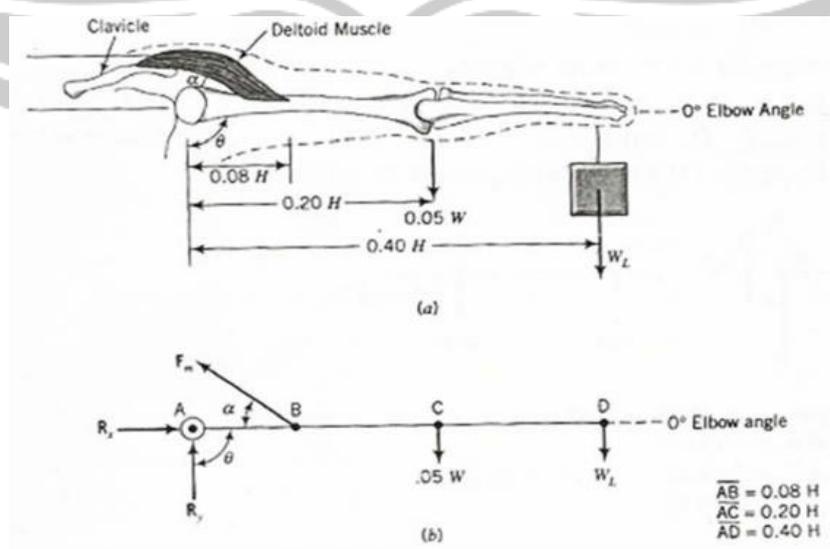
- a. Membuat *Free Body Diagram* dari elemen-elemen sistem dan mengidentifikasi gaya-gaya eksternal yang diketahui dan yang tidak diketahui besarnya.
- b. Menetapkan sumbu x-y dan menentukan arah gerakan translasi dan rotasi.
- c. Menyusun persamaan secara translasi dan rotasi berdasarkan FBD.
- d. Menyelesaikan persamaan secara simultan untuk menghitung parameter-parameter yang tidak diketahui.
- e. Memastikan arah, satuan gaya serta momen dalam perhitungan.



Gambar 2.19. Pembagian Bidang Tubuh Manusia (Sagittal Plane)

a. *Free Body Diagram Lengan*

Menurut (Phillips, 2000) pemodelan bagian lengan dalam *free body diagram* yaitu sebagai berikut :



Gambar 2.20. Free Body Diagram Lengan

Keterangan :

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

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) = 0,085 H

a (sudut yang dibentuk otot *deltoideus*)

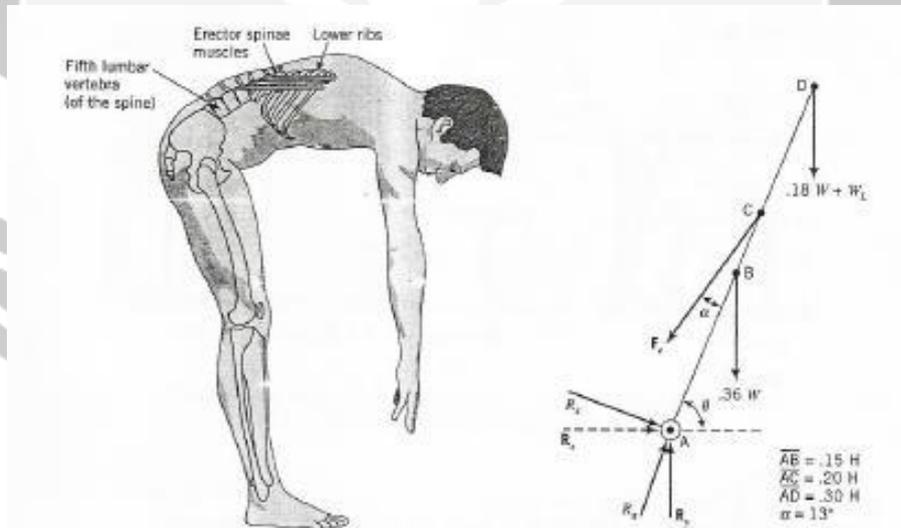
FM (gaya di otot *deltoideus*)

RX (reaksi gaya horizontal)

RY (reaksi gaya vertikal)

b. *Free Body Diagram* Punggung

Menurut (Phillips, 2000) pemodelan bagian punggung dalam *free body diagram* yaitu sebagai berikut sebagai berikut :



Gambar 2.21. *Free Body Diagram* Punggung

Keterangan :

Fe = gaya otot pada tulang belakang di titik C

W = berat pekerja yang diamati

L = berat beban yang dibawa pekerja

Rx = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya vertikal pada sendi
 α = sudut 130° yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot FE
 θ = sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis horizontal

WB (berat segmen tubuh tulang belakang) = $0,36 W$

WD (berat segmen tubuh atas punggung bagian leher dan kepala) = $0,18 W$

H = tinggi tubuh pekerja

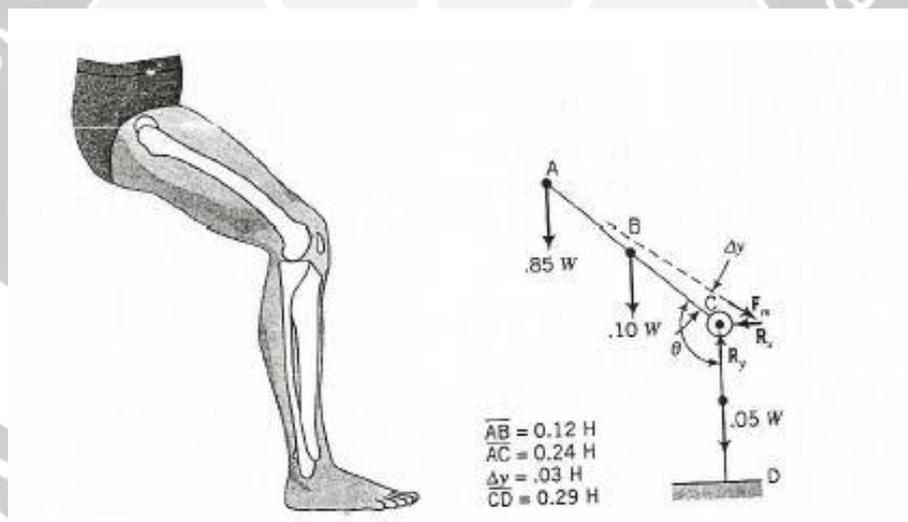
\overline{AB} (panjang segmen A ke B) = $0,15 H$

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

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

c. *Free Body Diagram Kaki*

Menurut (Phillips, 2000) pemodelan bagian kaki dalam *free body diagram* yaitu sebagai berikut sebagai berikut :



Gambar 2.22. Free Body Diagram Kaki

Keterangan :

F_m = gaya otot *quadriceps*

W = berat pekerja yang diamati

WA (berat bagian atas pinggang di titik A) = $0,085 W$

WB (berat segmen paha) = $0,1 W$

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

C = lutut kaki

D = telapak kaki

R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

- Ry = reaksi gaya horizontal vertikal pada sendi
 $\Delta y = 0,03 H$ (jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot *quadriceps*)
T = sudut yang dibentuk antara paha dan kaki
H = tinggi tubuh pekerja yang diamati
 \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) = 0,9 H

2.2.10. Gaya dan Momen Gaya

Gaya adalah besaran yang menghasilkan adanya dorongan/ tarikan agar suatu benda bergerak (Giancoli, 2009). Sedangkan menurut (Hay, 1985) biomekanika adalah ilmu yang mempelajari gaya internal dan gaya eksternal yang bekerja pada tubuh manusia serta efek dari gaya tersebut. Gaya-gaya yang bekerja pada sistem organ gerak manusia dalam ilmu biomekanika antara lain gaya gravitasi, gaya reaksi, dan gaya otot. Hukum-hukum Newton adalah sebagai berikut :

a. Hukum Newton 1

$$\sum F = 0 \quad (2.1)$$

Hukum ini mengatakan pergerakan sebuah benda yang awalnya diam akan terus diam hingga diberikan gaya yang akan menggerakkan benda tersebut. Jika benda awalnya bergerak dengan kecepatan konstan akan terus bergerak dengan konstan tanpa diberikan sebuah gaya.

b. Hukum Newton 2

$$\sum F = m \times a \quad (2.2)$$

Hukum ini mengatakan bahwa semakin besar percepatan yang diberikan kepada suatu benda maka gayanya akan bertambah. Jika gaya yang diberikan kepada benda searah dengan arah gerak benda maka percepatannya bertambah, sebaliknya jika berlawanan arah maka percepatannya berkurang.

Keterangan :

F = Gaya (Newton)

m = Massa (Kg)

a = Percepatan/gravitasi (9,8 m/s²)

c. Hukum Newton 3

$$F \text{ aksi} = -F \text{ reaksi} \quad (2.3)$$

$$\sum M = 0 \quad (2.4)$$

Keterangan:

t = Torsi

F = Gaya (Newton)

d = Jarak (m)

M = Momen gaya

Hukum ini mengatakan bahwa jika suatu benda yang diam diberikan gaya oleh benda lain dengan saling bersentuhan maka benda tersebut juga akan memberikan gaya yang sama kepada benda lain namun berlawanan arah. Momen gaya adalah perkalian dari gaya dikali dengan jarak.

$$t = F \times d \quad (2.5)$$

Momen gaya merupakan besaran yang menyebabkan benda bergerak dengan gerakan rotasi dan translasi. Momen gaya dihitung dengan menggunakan jarak gaya dengan poros gerak dan gaya yang berputar mengelilingi porosnya (gerak berotasi).