

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini akan diuraikan hasil studi pustaka yang dilakukan untuk memperoleh landasan teori yang relevan. Bahasan tersebut meliputi konsep dan pengertian ergonomi, perancangan fasilitas kerja, metode *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA), antropometri yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.

2.1 Ergonomi

2.1.1 Sejarah Ergonomi

Pada perkembangan ergonomi ini sangat populer dikawasan dunia. Hal ini dapat di lihat ketika manusia masih menggunakan batu sebagai alat bantu dalam melakukan aktivitasnya, pada awalnya batu yang di gunakan merupakan batu alami, namun seiring berjalannya waktu mereka merubah alat tersebut menjadi lebih runcing yang membuat alat tersebut lebih bermanfaat. Hal ini membuktikan bahwa manusia sudah mengenal ergonomi walaupun penerapannya tidak secara matematis bahkan terkesan kebetulan (Sutalaksana, 2006).

Manusia dengan segala sifat dan tingkah lakunya merupakan makhluk yang sangat kompleks. Untuk mempelajari manusia tidak cukup di tinjau dari segi ilmu saja. Oleh sebab untuk mengembangkan ergonomi di perlukan dukungan dari berbagai disiplin ilmu antara lain: Psikologi, Antropometri, Faal Kerja, Biologi, Sosiologi, Perancangan Kerja, Fisik dan lainnya. Pada akhirnya para perancang teknikal yang mengolah informasi tersebut untuk di gunakan sebagai pengetahuan untuk merancang fasilitas sedemikian rupa sehingga produk/alat kerja yang akan dirancang memberikan hasil yang maksimal (Sutalaksana, 2006).

2.1.2 Pengertian Ergonomi

Ilmu ergonomi pada dasarnya sangat penting dipelajari dan diaplikasikan karena memberi berbagai manfaat bagi manusia berkaitan dengan pekerjaannya. Ilmu yang membahas tentang keterkaitan atau hubungan manusia dengan fasilitas kerja dan batasan-batasan pada manusia terhadap pekerjaannya. 'Berbagai manfaat dapat diperoleh dari hasil pendalaman ilmu ergonomi tersebut, seperti meningkatkan kinerja bagi pekerja, menjaga kesehatan, keamanan, kenyamanan, dan

menghilangkan dampak negatif dan rasa khawatir pada saat bekerja' (Nurmianto, 1996). Menurut Satalaksana 2006, ergonomi adalah

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

Berkenaan dengan pengertian tersebut mendapatkan suatu tujuan yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Ergonomi disebut juga sebagai “*Human Factors*”. Ergonomi digunakan oleh berbagai macam ahli/ professional pada bidangnya misalnya: ahli anatomi, arsitektur, perancangan produk industri, fisika, fisioterapi, terapi pekerjaan, psikologi dan teknik industri. Penerapan ergonomi umumnya meliputi aktivitas rancang bangun (*design*) maupun rancang ulang (*re-design*). Hal ini dapat mencakup perangkat keras seperti perkakas kerja (*tools*), bangku kerja (*benches*), *platform*, kursi, pegangan alat kerja (*workholders*), sistem pengendali (*controls*), alat peraga (*displays*), jalan/lorong (*access ways*), pintu (*doors*), jendela (*windows*), dan lain-lain. Ergonomi dapat berperan pula sebagai ‘desain pekerjaan pada suatu organisasi, desain perangkat lunak, meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, serta desain dan evaluasi produk (Nurmianto, 2003).

2.1.3 Ruang Lingkup Ergonomi

Ergonomi merupakan ilmu dari pembelajaran ilmu-ilmu lain (multidisiplin), serta merangkum informasi, temuan, dan prinsip dari masing-masing keilmuan tersebut. Keilmuan yang dimaksud antara lain ilmu faal, anatomi, psikologi faal, fisika, dan teknik. Ilmu faal dan anatomi memberikan gambaran bentuk tubuh manusia, kemampuan tubuh atau anggota gerak untuk mengangkat atau ketahanan terhadap suatu gaya yang diterimanya. Ilmu psikologi faal memberikan gambaran terhadap fungsi otak dan sistem persyarafan dalam kaitannya dengan tingkah laku, sementara eksperimental mencoba memahami suatu cara bagaimana mengambil sikap, memahami, mempelajari, mengingat, serta mengendalikan proses motorik. Sedangkan ilmu fisika dan teknik

memberikan informasi yang sama untuk desain lingkungan kerja dimana pekerja terlibat (Nurmianto,2003).

Dalam kesatuan data dari beberapa bidang keilmuan tersebut, ergonomi dipergunakan untuk memaksimalkan keselamatan kerja, efisiensi, dan kepercayaan diri pekerja sehingga dapat mempermudah pengenalan dan pemahaman terhadap tugas yang diberikan serta untuk meningkatkan kenyamanan dan kepuasan pekerja.

2.1.4 Tujuan Ergonomi dan Penerapannya

Terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai dari penerapan ilmu ergonomi. Tujuan-tujuan dari penerapan ergonomi adalah sebagai berikut (Tarwaka, 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 dan mengkoordinasi kerja secara tepat, guna meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara aspek teknis, ekonomis, dan antropologis dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Memahami prinsip ergonomi akan mempermudah evaluasi setiap tugas atau pekerjaan meskipun ilmu pengetahuan dalam ergonomi terus mengalami kemajuan dan teknologi yang digunakan dalam pekerjaan tersebut terus berubah. Adapun terdapat beberapa penerapan dalam pelaksanaan ilmu ergonomi. Aplikasi/penerapan tersebut antara lain (Sofiatus soliha, 2012):

1. Posisi Kerja

Terdapat posisi duduk dan posisi berdiri, posisi duduk dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja. Sedangkan posisi berdiri dimana posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki.

2. Proses Kerja

Para pekerja dapat menjangkau peralatan kerja sesuai dengan posisi waktu bekerja dan sesuai dengan ukuran anthropometrinya. Harus dibedakan ukuran anthropometri barat dan timur.

3. Tata letak tempat kerja

Display harus jelas terlihat pada waktu melakukan aktivitas kerja. Sedangkan simbol yang berlaku secara internasional lebih banyak digunakan daripada kata-kata.

4. Mengangkat beban

Beragam-macam cara dalam mengangkat beban yakni, dengan kepala, bahu, tangan, punggung dsbnya. Beban yang terlalu berat dapat menimbulkan cedera tulang punggung, jaringan otot dan persendian akibat gerakan yang berlebihan.

2.1.5 Bidang Kajian Ergonomi

Pada pengelompokan bidang kajian ergonomi yang secara lengkap dikelompokkan sebagai berikut (Sutalaksana, 2006):

- a. Faal Kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang meneliti energi manusia yang dikeluarkan dalam suatu pekerjaan. Tujuan dan bidang kajian ini adalah untuk perancangan sistem kerja yang dapat meminimasi konsumsi energi yang dikeluarkan saat bekerja.
- b. Antropometri, yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia untuk digunakan dalam perancangan peralatan dan fasilitas sehingga sesuai dengan pemakainya.
- c. Biomekanika yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan mekanisme tubuh dalam melakukan suatu pekerjaan, misalnya keterlibatan otot manusia dalam bekerja dan sebagainya
- d. Lingkungan fisik yaitu bidang yang pembahasannya meliputi ruangan dan fasilitas-fasilitas yang biasa digunakan oleh manusia, serta lingkungan kerja seperti kebisingan dan pencahayaan. Semua itu banyak mempengaruhi pekerjaan manusia.

Pada prakteknya, dalam mengevaluasi suatu sistem kerja secara ergonomi, keempat bidang kajian tersebut digunakan secara sinergis sehingga didapatkan suatu solusi yang optimal, sehingga ‘seluruh bidang kajian ergonomi adalah suatu sistem terintegrasi yang semata-mata ditujukan untuk perbaikan kondisi manusia dalam bekerja (Sutalaksana, 2006).

2.1.6 Interaksi Manusia dan Mesin dalam Sistem Produksi

Pada interaksi manusia dan mesin ini membahas tentang hubungan antara manusia dan mesin yang saling berpengaruh terhadap proses produksi yang dilakukan. Menurut Sutalaksana 2006, sistem manusia-mesin adalah

kombinasi antara satu atau beberapa manusia dengan satu atau beberapa mesin, yang saling berinteraksi, untuk menghasilkan keluaran-keluaran berdasarkan masukan-masukan yang diperoleh.

Dengan interaksi antara manusia dan objek yang fokus perhatian ergonomi dikaitkan dengan aspek-aspek manusia di dalam perencanaan *man-made* objek (proses perancangan produk) dan lingkungan kerja. Pendekatan agro ergonomi akan ditekankan pada penelitian kemampuan keterbatasan manusia, baik secara fisik maupun mental psikologis dan interaksinya dalam sistem manusia-mesin yang integral. Maka, secara sistematis pendekatan ergonomi kemudian akan memanfaatkan informasi tersebut untuk tujuan rancang bangun, sehingga akan tercipta produk, sistem atau lingkungan kerja yang lebih sesuai dengan manusia. Pada gilirannya rancangan yang ergonomis akan dapat meningkatkan efisiensi, efektifitas dan produktivitas kerja, serta dapat menciptakan sistem serta lingkungan kerja yang cocok, aman, nyaman dan sehat. Berikut ini adalah suatu sistem manusia-mesin (Sutalaksana, 2006), yaitu:

1. Sistem manusia-mesin hubungan manual (*manual machine*)

Dalam sistem input akan langsung ditransformasikan oleh manusia menjadi output. Disini manusia memegang kendali secara penuh didalam melaksanakan aktivitasnya, peralatan kerja yang ada hanyalah sekedar menambah kemampuan dalam menyelesaikan pekerjaan yang dibebankan kepadanya.

2. Sistem manusia semi otomatis (*semi automatic machine system*).
Tidak seperti halnya pada manual sistem, mekanisme khusus yang akan mengolah input atau informasi dari luar sebelum masuk ke dalam sistem kerja manusia dan demikian pula reaksi yang berasal dari sistem manusia akan diolah atau dikontrol lebih dahulu melewati suatu mekanisme tertentu sebelum suatu output berhasil diproses.

3. Sistem manusia-mesin hubungan otomatis (*automatic man machine system*).

Disini mesin akan melaksanakan dua fungsi sekaligus yaitu menerima rangsangan dari luar dan pengendalian aktivitas seperti umumnya dijumpai dalam prosedur kerja yang normal. Fungsi operator disini hanyalah memonitor dan menjaga agar mesin tetap bekerja dengan baik serta memasukkan data atau mengganti dengan program baru apabila diperlukan.

Salah satu contoh hubungan antara manusia dan mesin yang dapat membantu produktivitas manusia dengan proses perancangan peralatan kerja untuk penggunaan yang lebih efektif, seperti perkakas kerja dengan sabit atau cangkul misalnya dengan pegangan (*handle*) yang berbentuk kurva pada dasarnya merupakan hasil dari *human engineering studies*. Khususnya pada desain *handle* yang berbentuk kurva dan disesuaikan dengan bentuk genggaman tangan akan memudahkan cara pengoperasian peralatan tersebut Sistem mesin manusia adalah sistem dimana kedua komponen, harus bekerja sama untuk menyelesaikan pekerjaan. Masing-masing komponen (komponen manusia saja, atau komponen mesin saja) tidak berarti tanpa adanya komponen yang lain sebagai pelengkapannya. Dalam merancang sistem manusia mesin ialah menentukan cara yang paling efektif untuk menyajikan keterangan kepada operator manusia dengan menggunakan peragaan penglihatan, pendengaran atau peragaan perabaan (Sutalaksana, 2006).

Keterangan harus dapat ditangkap secara tepat dan cermat agar dapat diolah dengan baik oleh operator manusianya. Ia harus tahu apa yang harus dilakukan terhadap keterangan yang diperoleh. Ia harus belajar menghubungkan

keterangan yang diterima dengan tindakan yang paling tepat. Keluaran operator manusia ialah memberikan jawaban dengan menggunakan alat-alat kendali. Alat kendali yang digunakan harus dirancang sesuai dengan tugas dan sesuai dengan keterbatasan kemampuan operator. Tugas lain dalam merancang sistem mesin manusia ialah untuk merancang ruang kerja. Perancangan dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip ekonomi atau penghematan gerak dan keterangan dari antropometri. Banyak hal yang dilakukan oleh manusia yang telah diambil alih fungsinya oleh mesin, misalnya adanya penerbangan otomatis, adanya robot. Di pabrik-pabrik pembuatan mobil di Jepang digunakan banyak robot untuk menggantikan manusia dalam proses perakitan mobil (Sutalaksana,2006).

Penyelidikan terhadap manusia mesin didasarkan atas suatu kenyataan bahwa antara manusia dan mesin, masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan, artinya ada beberapa pekerjaan yang lebih baik jika dikerjakan oleh manusia dan sebagainya ada beberapa bidang pekerjaan yang lebih baik jika dikerjakan oleh mesin. Berikut ini adalah Tabel perbedaan antara manusia dan mesin ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan manusia dan mesin

No	Masalah	Manusia	Mesin
1	Kecepatan	Lambat	Sangat Cepat
2	Tenaga	Kira-kira 2 Daya kuda (DK) untuk 10 detik, 0,5 DK untuk beberapa detik, dan 0.2 DK untuk pekerjaan terus menerus sehari.	Dapat diatur dengan baik : bisa besar dan tetap .
3	Keseragaman	Tidak dapat diandalkan, perlu dimonitor dengan mesin.	Cocok untuk pekerjaan-pekerjaan rutin berulang dan perlu ketepatan.
4	Kegiatan Kompleks	Satu saluran	Banyak Saluran
5	Ingatan	Bisa mengingat berbagai hal, dengan pendekatan dari berbagai sudut baik untuk menentukan dasar-dasar pikiran maupun startegi.	Baik untuk memproduksi sesuatu yang sudah ditentukan dan bisa menyimpan ingatan dalam jangka pendek.
6	Berpikir	Induktif Baik	Deduktif Baik

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan manusia dan mesin

No	Masalah	Manusia	Mesin
7	Hitung-menghitung	Lambat dan sangat mungkin melakukan kesalahan, Tetapi cukup memiliki kemampuan untuk mengoreksi.	Cepat dan tepat, tetapi tidak memiliki kemampuan untuk koreksi.
8	Kemampuan mengindra	Menerima rangsangan dari berbagai energi dan kemudian mengolahnya bersama-sama untuk kemudian memberika reaksi.	Dapat menjadi indera tambahan seperti kemampuan menangkap gelombang.
		Dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, kebisingan, getaran dll) yang melampaui batas.	Dapat dibuat tidak peka terhadap rangsangan-rangsangan luar.
9	Reaksi terhadap beban yang berlebih	Degradasi	Kerusakan tiba-tiba
10	Kepintaran	Dapat menyesuaikan sesuatu yang tak terduga atau tak dapat diduga. Dapat meramal, menginterpolasi dan estrapolasi serta membuat keputusan.	Tidak ada, hanya bisa memutuskan ya atau tidak
11	Kecakapan manipulasi	Sangat besar	Khusus

Sumber: Sutalaksana. (2006)

2.1.7 Aspek-Aspek Ergonomi dalam Perancangan Stasiun Kerja

Suatu perancangan stasiun kerja pada dasarnya merupakan pengaplikasian dari data antropometri, tetapi masih memerlukan dimensi yang fungsional yang tidak terdapat pada data statis. Misalnya, gerakan menjangkau, mengambil sesuatu, mengoperasikan suatu alat adalah suatu hal yang sukar untuk didefinisikan. Perancangan stasiun kerja terdiri ada 2 aspek yaitu: (1) Daerah kerja horizontal pada sebuah bangku dan (2) Ketinggiannya dari atas lantai (Nurmianto, 2003).

2.1.7.1 Daerah Kerja Horizontal

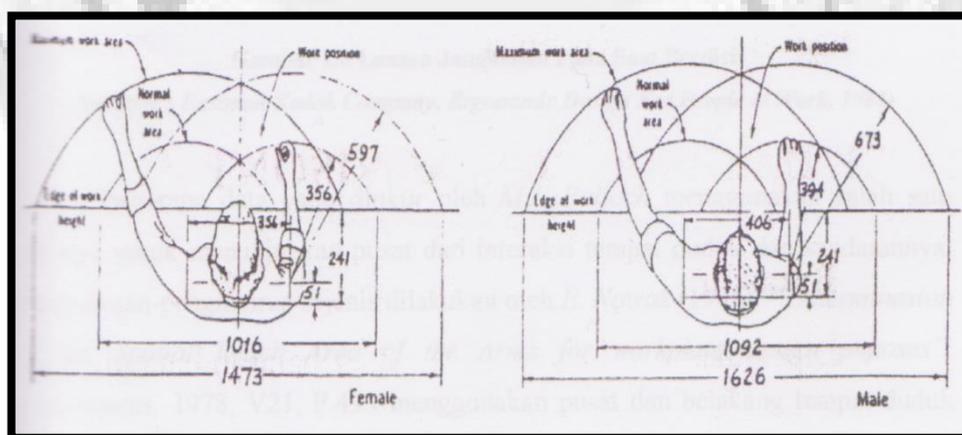
Diperlukan untuk mendefinisikan batasan-batasan dari suatu daerah kerja horizontal untuk memastikan bahwa material atau alat kontrol tidak dapat ditempatkan begitu saja diluar jangkauan tangan. Batasan-batasan jangkauan secara vertikal harus diterapkan untuk kasus seperti misalnya papan-papan kontrol, namun hampir seluruh bangku kerja material (benda kerja) dan peralatan lainnya disusun pada sebuah permukaan yang horizontal (Nurmianto, 2003).

Batasan untuk jarak menjangkau semakin meningkat jika operator mengendalikan beberapa macam gerakan tubuh. Sebagai contoh, operator duduk yang menghindari gangguan keseimbangan pada saat menjangkau. Bahkan jika berdiri, jangkauan kedepan dibatasi oleh pinggiran bangku, hal ini akan dapat mengganggu keadaan badan dan menimbulkan tekanan pada punggung (Nurmianto, 2003).

Dalam buku R.M Barnes yang berjudul “*Motion and Time Study*” mendefinisikan daerah kerja “Normal” dan “Maksimum”, dengan batasan yang ditentukan oleh ruas tengah jari (*Mid points Of Fingers*), sebagai berikut:

Daerah Normal: Lengan bawah yang berputar pada bidang horizontal dengan siku tetap.

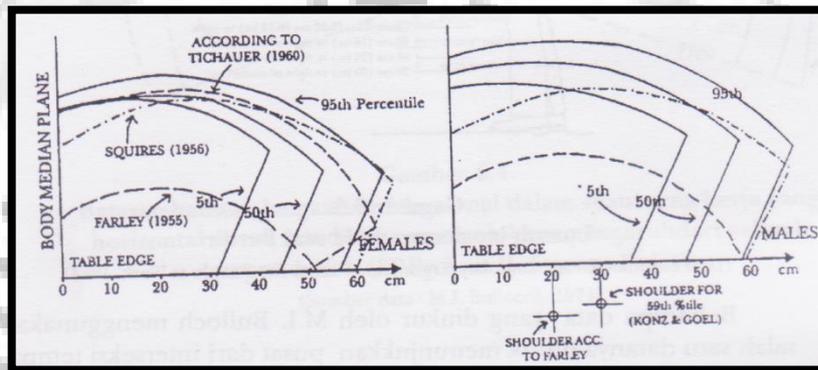
Daerah Maksimum: Lengan direntangkan keluar dan diputar sekitar bahu. R.R Farley pada tahun 1995 didapat pada buku Nurmianto, 2003 memberikan dimensi untuk daerah kerja. Gambar 2.1 menunjukkan batasan-batasan daerah kerja.



Gambar 2.1 Batasan-batasan daerah kerja

Sumber: Nurmianto. (2003)

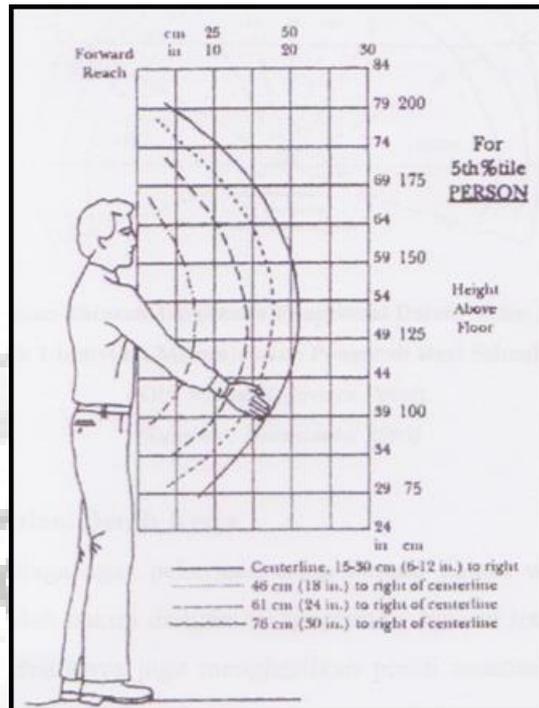
Para pekerja cenderung duduk atau berdiri tidak dekat dengan pinggir bangku. Mereka menjelaskan batas dengan sebuah persamaan yang meliputi pengukuran statis dari panjang lengan dan posisi bahu. Dengan mengukur 80 orang yang ditampilkan dengan batasan-batasan seperti Gambar 2.2. Hal ini menunjukkan daerah-daerah Farley yang sangat *konservatif*. Sedangkan penggunaan daerah-daerah Farley akan mengarah pada pekerjaan yang sangat lekat dengan operator, hal tersebut menimbulkan masalah tentang ruang untuk peralatan, bangku kerja dan material-material.



Gambar 2.2 Batasan-batasan daerah kerja normal untuk 5, 50 dan 95 Persentil

Sumber: Nurmiyanto. (2003)

Kurva Konz dan Goel hanya menerapkan daerah kerja normal. Tetapi daerah-daerah jangkauan maksimum dapat dibuat dari kumpulan data yang lain, seperti contohnya, diagram yang ada dalam Gambar 2.3 dari *Eastman Kodak Company*. Data ini menggunakan bagian depan dari tubuh sebagai titik referensi yang sesuai untuk perancangan kerja bangku (Nurmiyanto, 2003).

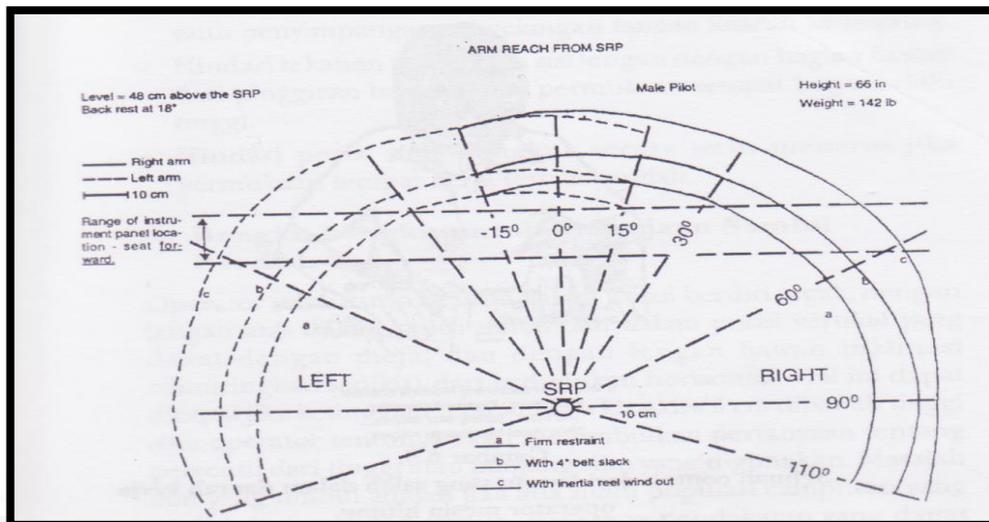


Gambar 2.3 Luasan jangkauan pada saat berdiri

Sumber: Nurmianto. (2003)

Beberapa data yang diukur oleh *M.I Bulloch* menggunakan salah satu datanya untuk menunjukkan pusat dari interaksi tempat duduk dan sandarannya. Pengukuran-pengukurannya sejenis dilakukan oleh *E. Nowak* (1978). “*Determinasion of the Spatial Reach Area of the Arms for workplate design pupose*”, pada permukaan bahu sebagai referensinya. Data sejenis diterapkan untuk juga kumpulan data dari *Dreyfuss* dan *N. Diffrient* (Nurmianto, 2003).

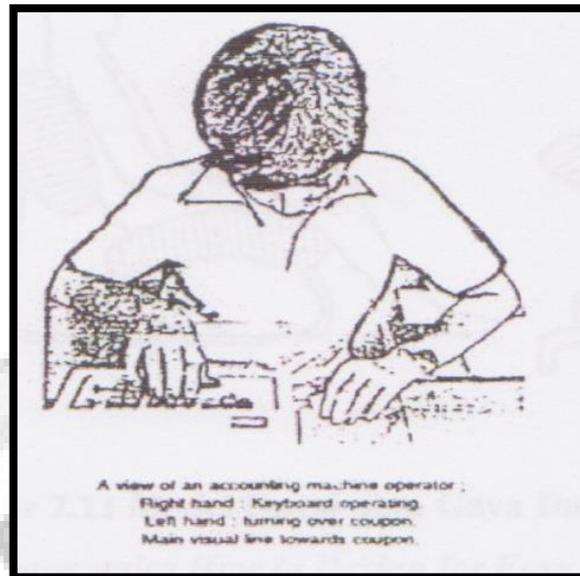
Kerja yang baik seharusnya dibatasi sampai dengan wilayah kerja normal jika mungkin hindarkan kebutuhan untuk menaikkan lengan sebisa mungkin. Efek dari pembatasan daerah tempat duduk tersebut ditunjukkan dengan baik pada Gambar 2.4 batasan-batasan jangkauan fungsional dalam suatu area kerja.



Gambar 2.4 Batasan-batasan jangkauan fungsional dalam suatu area kerja yang horizontal untuk 1 individu, menunjukkan pengaruh dari sebuah tempat duduk (SRP= *Seat Reference Point*)
 Sumber: Nurmianto. (2003)

2.1.7.2 Lay Out Dalam Melakukan Pekerjaan

Untuk menjaga agar pekerjaan tetap berada dalam wilayah kerja yang normal maka tidaklah cukup dengan mengoptimasi *lay-out* tempat kerja. Namun *lay-out* tersebut seharusnya juga menghasilkan posisi anatomi alami yang baik. Pada Gambar 2.5 menunjukkan *lay-out* yang memerlukan suatu posisi tetap untuk tangan kanan dengan pergelangan tangan berdeviasi *ulnar* (deviasi pergelangan ke arah jari kelingking). Penyimpangan dari lengan atas ditunjukkan pada Gambar 2.5 yang memberikan kesan bahwa bangku yang terlalu tinggi adalah suatu masalah yang akan dipertimbangkan lebih lanjut.



Gambar 2.5 Sebuah contoh dari *lay-out* yang salah dalam daerah kerja operator mesin hitung

Sumber: Nurmianto. (2003)

2.2 Antropometri (Dimensi Tubuh Manusia)

Antropometri memberikan penjelasan bila manusia itu pada dasarnya memiliki perbedaan satu dengan yang lain. Manusia akan bervariasi dalam berbagai macam dimensi ukuran seperti kebutuhan, motivasi, inteligensia, imaginasi, usia, latar belakang pendidikan, jenis kelamin, kekuatan, bentuk dan ukuran tubuh, dan sebagainya. Dengan memiliki data antropometri yang tepat, maka seorang perancang produk ataupun fasilitas kerja akan mampu menyesuaikan bentuk dan geometris ukuran dari produk rancangannya dengan bentuk maupun ukuran segmen-segmen bagian tubuh yang nantinya akan mengoperasikan produk tersebut.

Menurut Wignjoseobroto (2003) dan Nurmianto (2003) mengemukakan pendapat bahwa :

Antropometri berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berasal dari kata ukuran. Secara definisi antropometri adalah suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia khususnya dimensi tubuh dan aplikasi yang menyangkut geometri fisik, massa, dan kekuatan tubuh manusia.

Antropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia, ukuran bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data antropometri untuk penanganan masalah desain.

Menurut Nurmiyanto, 2003 Antropometri dibagi kedalam 2 bagian, yaitu:

1. Antropometri Statis

Antropometri statis lebih berhubungan dengan pengukuran ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan statis (diam) yang distandarkan. Dimensi yang diukur pada antropometri statis diambil secara linier (lurus) dan dilakukan pada permukaan tubuh pada saat diam. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia, di antaranya: umur, jenis kelamin, suku bangsa, pekerjaan.

2. Antropometri Dinamis

Antropometri dinamis lebih berhubungan dengan pengukuran ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan dinamis, dimana dimensi tubuh yang diukur dilakukan dalam berbagai posisi tubuh ketika sedang bergerak sehingga lebih kompleks dan sulit dilakukan. Terdapat tiga kelas pengukuran dinamis yaitu, pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktivitas. Contoh: dalam mempelajari performansi atlet.

- a. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat bekerja. Contoh: jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja, yang dilakukan pada saat berdiri atau duduk.
- b. Pengukuran variabilitas kerja. Contoh: analisis kemampuan jari-jari tangan dari seorang juru ketik atau operator komputer.

Data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan memakai produk tersebut. Dalam hal ini kegiatan perancangan peralatan kerja ini harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dan populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan tersebut.

2.3 Aplikasi Data Antropometri Dalam Perancangan Fasilitas Kerja

Antropometri pada umumnya secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal (Wignjoseobroto, 2003):

1. Perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dan lain-lain)
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya.
3. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer dan lain-lain.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menemukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut. Dalam kaitan ini maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan. tersebut.

Secara umum sekurang-kurangnya 90-95% dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk haruslah mampu menggunakan dengan selayaknya. Dalam beberapa kasus tertentu ada beberapa produk yang dirancang fleksibel, misalnya kursi mobil, dapat digerakan maju mundur dan sudut sandarnya bisa dirubah untuk menciptakan posisi nyaman. Rancangan produk yang dapat diatur secara fleksibel jelas memberikan kemungkinan lebih besar bahwa produk tersebut akan mampu digunakan oleh setiap orang meskipun ukuran tubuh mereka berbeda-beda.

Pada dasarnya peralatan kerja yang dibuat dengan mengambil referensi dimensi tubuh tertentu jarang sekali dapat mengakomodasikan seluruh *range* ukuran tubuh dari populasi yang akan menggunakannya. Kemampuan penyesuaian (*adjustability*) suatu produk merupakan suatu prasyarat yang amat penting dalam proses perancangannya terutama produk-produk yang berorientasi ekspor (Wignjoseobroto, 2003).

A. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pengukuran Tubuh Manusia

Manusia pada umumnya berbeda-beda dalam segi hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain yaitu (Nurmianto, 2003):

1. Keacakan/ Random

Dalam satu kelompok populasi masih akan terdapat perbedaan yang signifikan dalam masyarakat. Distribusi frekuensi secara statistik dari dimensi kelompok anggota masyarakat jelas dapat dinyatakan dengan menggunakan Distribusi Normal, yaitu dengan menggunakan data persentil yang telah diduga, jika mean (rata-rata) dan Standar Deviasinya telah dapat diestimasi.

2. Jenis Kelamin

Secara distribusi statistik ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Dimensi pria dan wanita ada perbedaan yang signifikan diantara mean (rata-rata) dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita. Oleh karena itu data antropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut disajikan secara terpisah.

3. Suku Bangsa (*Ethnic Variability*)

Variasi diantara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya terutama karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara lain. Suatu contoh sederhana bahwa yaitu dengan meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari Negara Vietnam ke Australia, untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja (*industrial workforce*), maka akan mempengaruhi antropometri secara nasional.

4. Usia

Digolongkan atas beberapa kelompok usia antara lain, balita, anak-anak, remaja, dewasa, dan lanjut usia. Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk antropometri anak-anak. Antropometrinya akan cenderung terus meningkat sampai batas usia

dewasa. Namun setelah menginjak dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan untuk menurun yang antara lain disebabkan oleh berkurangnya elastilitas tulang belakang (*intervertebral discs*). Selain itu juga berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

5. Jenis Pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawan/ stafnya. Seperti misalnya buruh dermaga/ pelabuhan harus mempunyai Posisi tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

6. Pakaian

Hal ini juga merupakan sumber variabilitas yang disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari suatu tempat dengan tempat yang lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang relatif lebih besar. Ataupun untuk para pekerja dipertambangan, pengeboran lepas pantai, pengecoran logam, bahkan para penerbang dan astronotpun harus mempunyai pakaian khusus.

7. Faktor Kehamilan pada Wanita

Faktor ini sudah jelas akan mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan analisis perancangan produk (APP) dan analisis perancangan kerja (APK).

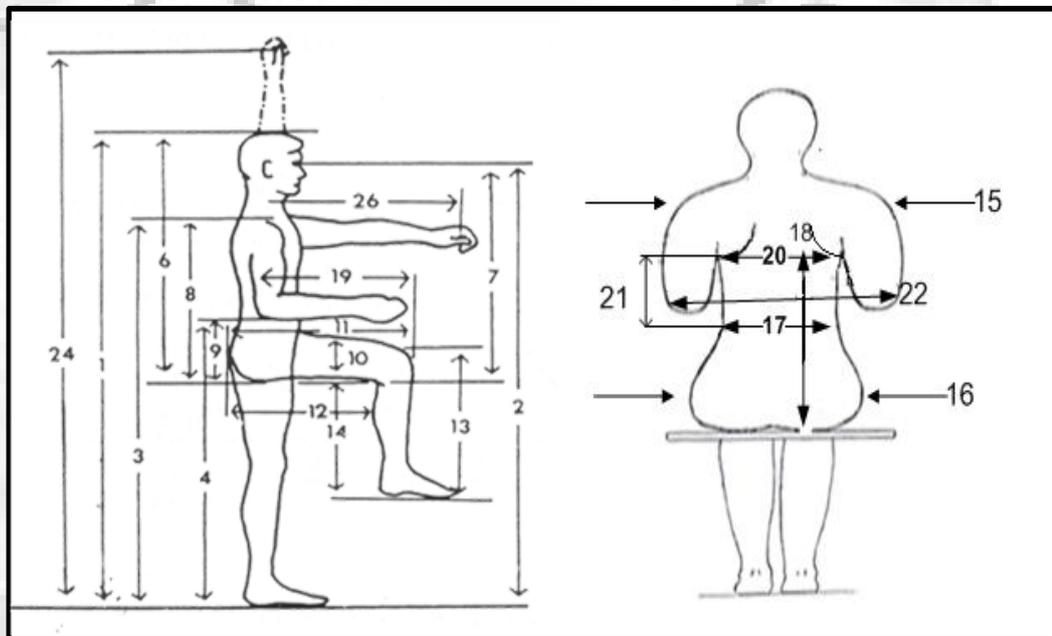
8. Cacat Tubuh Secara Fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir yaitu dengan diberikannya skala prioritas pada rancang bangun fasilitas akomodasi untuk para penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam penggunaan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (*knee space*) untuk desain meja kerja,

lorong/jalur khusus untuk kursi roda, ruang khusus di dalam *lavatory*, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, supermarket dan lain-lain.

B. Dimensi Tubuh Antropometri

Dalam merancang fasilitas kerja menggunakan metode antropometri, tentunya harus mempertimbangkan terlebih dahulu fasilitas/produk yang dibuat itu ditujukan untuk pekerja yang bagaimana. Dengan demikian perancang dapat mendefinisikan lebih lanjut dimensi tubuh manusia yang harus dipergunakan mulai dari dimensi tubuh kepala sampai kaki. Dalam dimensi tubuh ini akan ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Antropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

Sumber: Nurmianto. (2003)

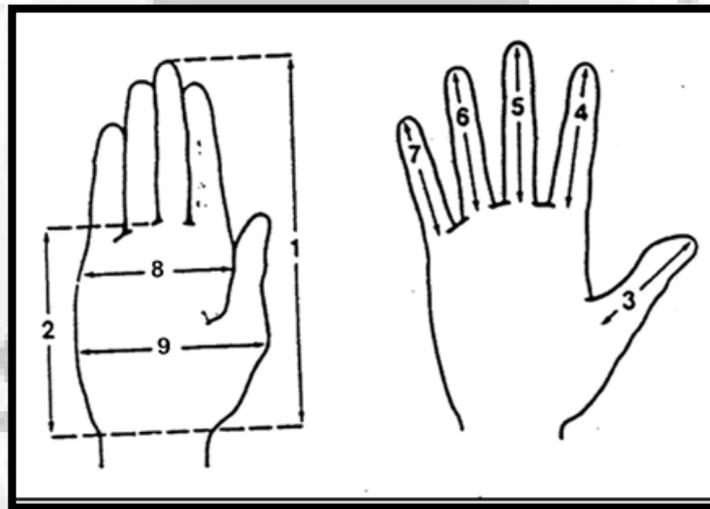
Tabel 2.2 Antropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

No	Dimensi Tubuh	Lambang	No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Tinggi Badan Tegak	TBT	20	Lebar Sandaran Duduk	LSD
2	Tinggi Mata Berdiri	TMB	21	Panjang Sandaran	PS
3	Tinggi Bahu Berdiri	TBB	22	Siku ke Siku	SS
4	Tinggi Siku Berdiri	TSB	23	Jangkauan Tangan ke Depan	JTD
5	Tinggi Duduk Normal	TDT	24	Tinggi Jangkauan Tangan	TJT
6	Tinggi Duduk Normal	TDN	25	Tinggi Pinggang Berdiri	TPB

Lanjutan Tabel 2.2 Antropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

No	Dimensi Tubuh	Lambang	No	Dimensi Tubuh	Lambang
7	Tinggi Mata Duduk	TMD	26	Bahu ke Kepala	BK
8	Tinggi Bahu Duduk	TBD	27	Bahu ke Pangkal Kaki	BPK
9	Tinggi Siku Duduk	TSD	28	Pangkal Kaki ke Lutut	PKL
10	Tinggi Paha	TIP	29	Bahu ke Siku	BS
11	Pantat ke Lutut	PL	30	Siku ke Lantai	SL
12	Pantat Popliteal	PPL	31	Pantat ke Perut	PP
13	Lutut ke Lantai	LL	32	Punggung ke Dada	PD
14	Tinggi Popliteal	TIP	33	Siku ke Siku	SS
15	Lebar Bahu	LBH	34	Rentang Tangan	RT
16	Lebar Pinggul	LEP	35	Tinggi Siku Istirahat	TSI
17	Lebar Pinggang	LEPG	34	Tangan Lantai	TL
18	Tinggi Sandaran	TS	37	Tinggi Pinggang Duduk	TPD
19	Siku Tangan	ST	38	Lingkar Pinggang	LPG

Sumber: Nurmianto. (2003)



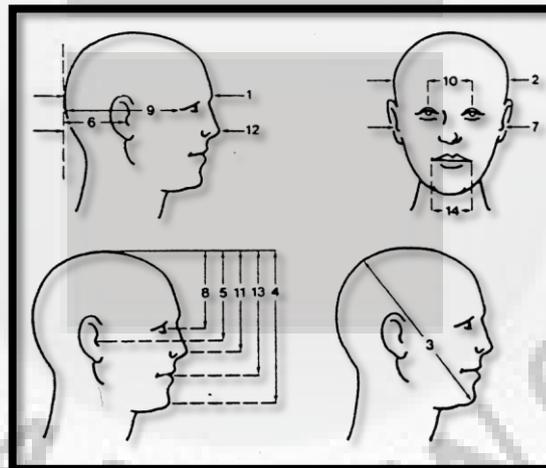
Gambar 2.7 Antropometri tangan

Sumber: Nurmianto. (2003)

Tabel 2.3 Antropometri tangan

No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Panjang Tangan	PT
2	Panjang Telapak Tangan	PTT
3	Panjang Ibu Jari (Jempol)	PIJ
4	Panjang Jari Telunjuk	PJT
5	Panjang Jari Tengah	PJTH
6	Panjang Jari Manis	PJM
7	Panjang Jari Kelingking	PJK
8	Lebar Telapak Tangan	LTT
9	Lebar Jari 2345	LJ-2345

Sumber: Nurmianto. (2003)



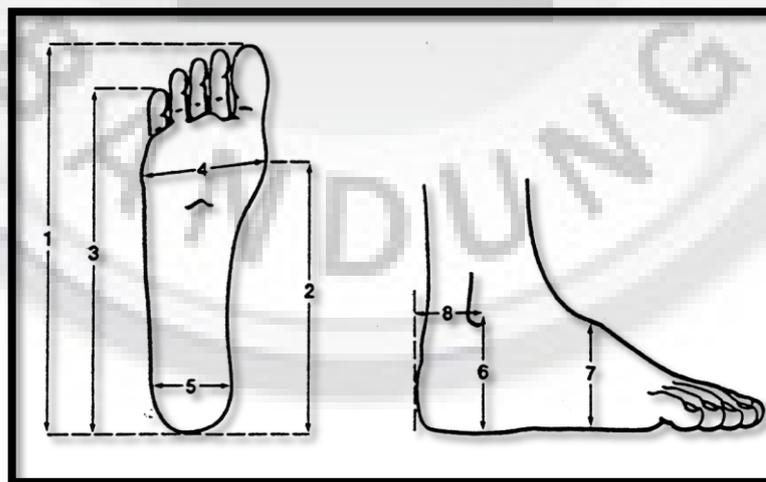
Gambar 2.8 Antropometri kepala

Sumber: Nurmianto. (2003)

Tabel 2.4 Antropometri kepala

No	Dimensi Tubuh	Lambang	No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Lebar Kepala	LK	8	Mata ke Belakang Kepala	MBK
2	Diameter Maximum dari Daggu	DMD	9	Antara Dua Pupil Mata	ADPM
3	Daggu ke Puncak Kepala	DPK	10	Hidung ke Puncak Kepala	HPK
4	Telinga ke Belakang Kepala	TP	11	Hidung ke Belakang Kepala	HBK
5	Telnga ke Belakang Kepala	TBK	12	Mulut ke Puncak Kepala	MUPK
6	Antara Dua Telinga	ADT	13	Lebar Mulut	LM
7	Mata ke Puncak Kepala	MPK	14	Lingkar Kepala	LK

Sumber: Nurmianto. (2003)



Gambar 2.9 Antropometri kaki

Sumber: Nurmianto. (2003)

Tabel 2.5 Antropometri kaki

No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Panjang Telapak Kaki	PTK
2	Panjang telapak Lengan Kaki	PTLK
3	Panjang Kaki Sampai Jari Kelingking	PKSJK
4	Lebar Kaki	LEK
5	Lebar Tangkai Kaki	LTK
6	Mata Kaki ke Lantai	MKL
7	Tinggi Bagian Tengah Telapak Kaki	TBTTK
8	Jarak Horizontal Tangkai Kaki	JHTK

Sumber: Nurmianto. (2003)

C. Metode Perancangan dengan Antropometri (*Antropometri Methods*)

Tahapan perancangan sistem kerja menyangkut *work space design* dengan memperhatikan faktor antropometri secara umum adalah sebagai berikut (Roebuck, 1995) :

1. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya (*establish requirement*)
2. Mendefinisikan dan mendeskripsikan populasi pemakai
3. Pemilihan sampel yang akan diambil datanya
4. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil)
5. Penentuan sumber data (dimensi tubuh yang akan diambil) dan pemilihan persentil yang akan dipakai
6. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai
7. Pengambilan data
8. Pengolahan data

Nurmianto (1996) dan Tayyari (1997) menyatakan bahwa tahapan dalam pengolahan data antropometri adalah sebagai berikut:

1. Uji keseragaman data
 - Tentukan jumlah seluruh data ($\sum X$)

- Tentukan rata-rata sebenarnya dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N} \dots\dots\dots(2.1)$$

Ket : X_i = Data antropometri

N = Banyaknya data

- Tentukan standar deviasi dengan rumus :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Ket : \bar{X} = Nilai rata-rata data antropometri

- Hitung batas kontrol atas dan batas kontrol bawah dengan rumus :

$$\text{BKA/BKB} = \bar{X} \pm Z\sigma \dots\dots\dots(2.3)$$

Ket : BKA = Batas control atas

BKB = Batas Kontrol bawah

Z = Nilai Z dari tabel distribusi normal

σ = standar deviasi

2. Uji Kecukupan Data

- Dalam uji kecukupan data menurut Sतालaksana (2006), untuk derajat kepercayaan 95% dan tingkat 5% maka kecukupan data dapat ditentukan dengan persamaan:

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{N(\sum X_j^2) - (\sum X_j)^2}}{\sum X_j} \right]^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan : N = Jumlah pengamatan yang telah dilakukan

Catatan: jika jumlah data dinyatakan cukup apabila nilai $N' < N$ dan jumlah data dinyatakan tidak cukup apabila nilai $N' > N$.

3. Uji kenormalan data

- Tentukan jumlah kelas (k)

$$k = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(2.5)$$

- Tentukan Rentang Kelas (R)

$$R = \text{data maksimum} - \text{data minimum} \dots \dots \dots (2.6)$$

- Tentukan Panjang kelas interval (I)

$$I = R / k \dots \dots \dots (2.7)$$

- Menghitung Nilai Z_1 dan Z_2

$$Z_1 = \frac{\text{Batas.bawah.kelas.boundaris} - \bar{X}}{s \text{ standar.deviasi}} \dots \dots \dots (2.8)$$

- Tentukan luas kurva

$$P(Z_1 < Z < Z_2) \dots \dots \dots (2.9)$$

- Tentukan Nilai e_i

$$e_i = P \times N \dots \dots \dots (2.10)$$

- Menghitung X^2_{hitung}

Hipotesis

1. H_0 : $X^2_{\text{tabel}} > X^2_{\text{hitung}}$ (Data berdistribusi normal)

2. H_1 : $X^2_{\text{tabel}} < X^2_{\text{hitung}}$ (Data tidak berdistribusi normal)

3. α : 0,05

4. Daerah kritis : $X^2_{\text{tabel}} > X^2_{\text{hitung}}$

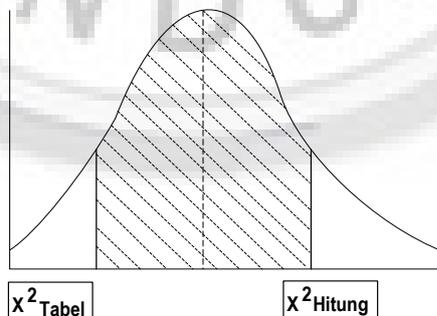
Dimana X^2_{tabel} dapat dilihat tabel Chi-Kuadrat

Derajat Kebebasan $V = k - 3$

$$X^2_{\text{tabel}} = X^2_{(1-\alpha)(V)} \dots \dots \dots (2.11)$$

5. Perhitungan :

$$X^2_{\text{hitung}} = \sum \frac{(f_i \cdot e_i)}{e_i} \dots \dots \dots (2.12)$$



Gambar 2.10 Kurva Distribusi Normal

6. Apabila $X^2_{tabel} < X^2_{hitung}$ maka dapat dikatakan tidak berdistribusi normal, sedangkan jika $X^2_{tabel} > X^2_{hitung}$ maka dapat dikatakan berdistribusi normal.

4. Perhitungan persentil data (persentil kecil, rata-rata dan besar)

- Rumus persentil untuk data normal

$$P_5 = \bar{X} - Z\sigma \dots\dots\dots(2.13)$$

$$P_{50} = \bar{X} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$P_{95} = \bar{X} + Z\sigma \dots\dots\dots(2.15)$$

- Rumus persentil untuk data tidak normal

$$P_i = L_i + \left[\frac{\left(\frac{i \cdot n}{100} - \sum f_n\right)}{F} \right] \times k \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

- L_i = Batas bawah kelas boundaris
- k = Panjang kelas interval
- i = 1, 2, 3, ..., 99
- F = Frekuensi kelas median
- $\sum f_n$ = Jumlah frekuensi sebelum kelas median
- n = Jumlah data

5. Visualisasi rancangan dengan memperhatikan:

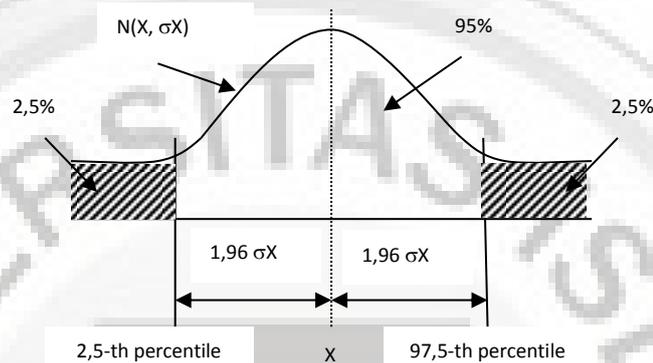
- Posisi tubuh secara normal
- Kelonggaran (pakaian dan ruang)
- Variasi gerak

6. Analisis hasil rancangan

2.4 Aplikasi Distribusi Normal dalam Penetapan Data Antropometri

Data antropometri jelas diperlukan supaya rancangan suatu produk bisa sesuai dengan orang yang akan mengoperasikannya. Permasalahan yang akan timbul adalah ukuran-ukuran yang nantinya akan dipilih sebagai acuan untuk mewakili populasi yang ada. Mengingat ukuran individu yang berbeda – beda satu dengan populasi yang menjadi target sasaran produk tersebut. Seperti yang telah

diuraikan sebelumnya problem adanya variasi ukuran sebenarnya akan lebih mudah diatasi bilamana kita mampu merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat “mampu sesuai” (*adjustable*) dengan suatu rentang ukuran tertentu (Wignjosoebroto, 2003). Di bawah ini adalah Gambar 2.11 kurva Distribusi normal dengan data antropometri 95 dan Tabel 2.6 Macam nilai persentile dan cara perhitungan Dalam distribusi Normal



Gambar 2. 11 Kurva distribusi normal dengan data antropometri 95-th Persentile

Tabel 2. 6 Macam persentile dan cara perhitungan dalam distribusi normal

Percentile	Perhitungan
1-st	$\bar{X} - 2.325 \sigma X$
2.5-th	$\bar{X} - 1.96 \sigma X$
5-th	$\bar{X} - 1.645 \sigma X$
10-th	$\bar{X} - 1.28 \sigma X$
50-th	\bar{X}
90-th	$\bar{X} + 1.28 \sigma X$
95-th	$\bar{X} + 1.645 \sigma X$
97.5-th	$\bar{X} + 1.96 \sigma X$
99-th	$\bar{X} + 2.325 \sigma X$

Sumber : Nurmianto. (2003)

Untuk penetapan data antropometri ini, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata (mean, \bar{X}) dan simpangan standarnya (standa deviation, σX) dari data yang ada. Dari nilai yang ada maka “percentiles” dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Dengan percentile, maka yang dimaksud disini adalah suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Sebagai contoh 95-th percentile akan menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran tersebut; sedangkan 5-th percentile akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran itu. Dalam antropometri ukuran 95-th akan menggambarkan ukuran manusia yang “terbesar” dan 5-th percentile sebaliknya akan menunjukkan ukuran “terkecil” (Nurmianto, 2003).

2.5 Ketinggian Bangku atau Kursi Kerja

Ada dua macam dasar untuk menentukan ketinggian permukaan kerja yaitu (Nurmianto, 2003) :

- a) Bangku atau mesin yang tepat untuk bekerja sambil berdiri walaupun duduk dan berdiri bergantian adalah suatu hal yang mungkin dan diikuti dengan tersedianya kursi yang sesuai.
- b) Bangku atau kursi yang disesuaikan hanya untuk pekerjaan sambil duduk.

Prinsip-prinsip yang diterapkan dalam perancangan untuk ketinggian 2 jenis permukaan kerja yaitu (1) Hindari beban otot yang terlalu berat yang disebabkan oleh lengan atas yang disampingkan terlalu tinggi (abduksi) dalam pekerjaan keyboard, pergeseran lengan atas yang sering terjadi akan menyebabkan timbulnya keharusan untuk deviasi ilnar yaitu penyimpangan pergelangan tangan kearah kelingking. (2) Hindari tekanan tajam pada sisi lengan dengan bagian bawah dari pinggiran bangku, jika permukaan tempat kerja terlalu tinggi. (3) Hindari posisi membungkuk secara terus menerus jika permukaan tempat kerja terlalu rendah.

2.5.1 Bangku-bangku Untuk Pekerjaan Sambil Berdiri

Operator seharusnya bekerja dalam posisi berdiri tegak, dengan lengan atas dalam posisi santai dan dalam posisi vertikal yang dekat dengan meja, dan dengan lengan bawah inklinasi (dimiringkan sedikit) dari kedudukan horizontal. Hal ini dapat dicapai jika ketinggian tempat kerja kira-kira 5 cm dibawah tinggi siku operator tentunya akan menimbulkan pertanyaan tentang persentile dari tinggi atau panjang siku digunakan. Masalah lain yang timbul adalah jika ada suatu populasi campuran yang terdiri dari pria dan wanita. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

- i. Gunakan dimensi rata-rata dari ketinggian siku, hal ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan atau gangguan diantara populasi yang digunakan, dan merupakan penyelesaian yang kurang bagus.
- ii. Perancangan untuk persintile 95 dan diberikan *Plat-form* lantai untuk operator yang lebih kecil, tetapi ini dapat menimbulkan masalah baru dan sukar untuk mengatasinya.
- iii. Perancangan untuk persentile 5 dan menambah tinggi bangku untuk operator yang lebih besar, tetapi hal ini mengurangi keleluasaan duduk pada bangku sebab hilangnya ruang gerak untuk lutut.
- iv. Rancanglah suatu pengatur (*adjustment*), hal ini umum untuk meja-meja kantor, dan sistem produk yang komersial juga tersedia untuk bangku-bangku kerja dengan sistem pengatur.
- v. Rancanglah suatu kursi yang tinggi pada ketinggian yang dapat disesuaikan (*adjusrbale high*) dan sandaran kaki yang dapat di *stel*.

Persyaratan pada sebuah kursi untuk bangku-bangku tinggi (berdiri) lebih fleksibel jika kursi yang digunakan oleh seseorang dapat distel hingga ketinggiannya sesuai dengan tinggi bangku yang diinginkan. Tinggi tempat kerja dalam hal ini adalah sampai batas tubuh bagian atas yang analisa (Nurmianto, 2003).

Untuk tempat kerja yang dekat dengan operator, tinggi bangku dapat dibuat dengan ekstra tinggi yang sesuai. Sedangkan bangku yang lebih rendah adalah untuk pekerjaan yang berat, tetapi bangku yang standart didasarkan pada

pajang siku pada umunya. Pada Tabel 2.7 rekomendasi yang menunjukkan beberapa keanekaragaman, dengan perkiraan bahwa penyesuaian akan dapat dicapai.

Tabel 2.7 Rekomendasi untuk tinggi bangku (*Standing Work*)

Sumber Data	Wanita	Pria
R. Farley (1985)	940	1020
H. Dreyfruss (1967)	810-860	910-970
E. Grandjean (1980) (untuk kerja ringan)	850-900	900-950
Standard Australia (general purpose)	900	950-1000

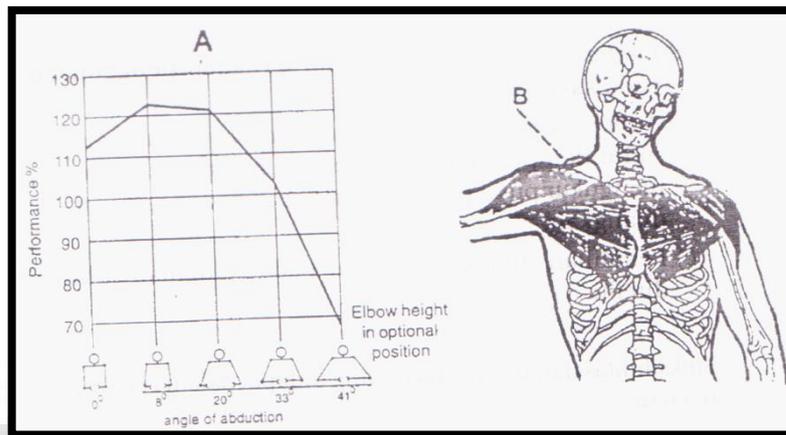
Sumber: Nurmianto. (2003)

Sebuah operasi penggabungan yang sederhana ditunjukkan bahwa ada 3 perbedaan tinggi bangku kerja oleh sejumlah operator. Operator-operator dalam percobaan tersebut mempunyai panjang siku antara 965 mm sampai 1143 mm dan tinggi meja yang disesuaikan untuk meletakkan pekerjaan dibedakan menjadi 3 bagian sebagai berikut:

- 50 mm diatas siku
- 50 mm dibawah siku
- 150 mm dibawah siku

Rata-rata proses produksi diukur pada setiap posisi dengan operator yang berbeda dan dalam analisa variansi ketinggian tersebut diubah menjadi berbagai macam ketinggian berarti. Yang paling baik adalah 50 mm dibawah siku, 50 mm diatas siku mengurangi produksi sekitar 1% dan 150 mm dibawah siku meyebabkan produksi berkurang 2,8% (Nurmianto, 2003).

E.R Tichauer menemukan adanya akibat tambahan dengan suatu perubahan hanya sekitar 75 mm dalam hal tinggi pekerjaan yang berhubungan dengan tubuh, walaupun analisa detil dari percobaan tersebut tidak diberikan. Ditujukan pada Gambar 2.12 tinggi permukaan dan stabilisasi dengan gerakan yang menimbulkan ketidaknyamanan pada bahu.

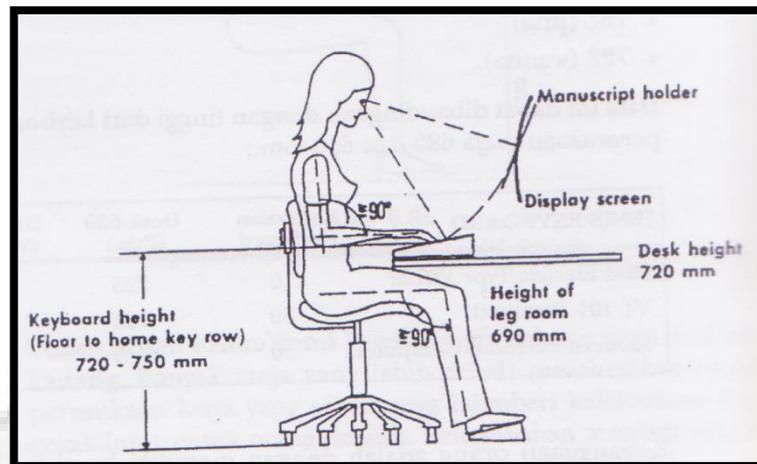


Gambar 2.12(A) Tinggi permukaan kerja (dalam hal ini diganti oleh tinggi tempat duduk), menggunakan lengan atas yang bervariasi dan performance-nya. (B) Stabilisasi dengan yang digerakkan menimbulkan ketidaknyamanan pada bahu dan diatas tulang dada.

Sumber: Nurmiyanto. (2003)

2.5.2 Kemiringan Permukaan Kerja

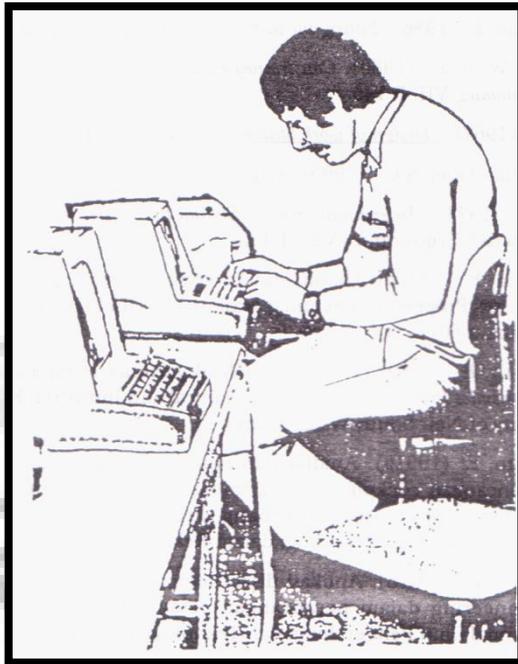
Pada kemiringan permukaan kerja ini merupakan salah satu menunjukkan sikap operator dalam ruang lingkup pekerjaannya. Contoh-contoh kemiringan permukaan kerja kearah operator antar lain ditunjukkan pada meja-meja sekolah, papan gambar, dan podium. Sebenarnya telah bertahun-tahun peralatan kerja dipabrik atau industri telah dimiringkan kearah operator. Manfaatnya adalah seseorang dapat duduk lebih kebelakang dengan sedikit memiringkan kepalanya. Hal tersebut dapat lebih konsisten jika dilengkapi dengan sandaran lengan. Suatu kemiringan sebesar 12° akan menghasilkan peningkatan yang signifikan tanpa adanya kekhawatiran jatuhnya obyek karena terlalu miring. Harap hati-hati bahwa dengan hal tersebut tidak boleh mempengaruhi ketinggian tempat kerja sehingga lengan atas tidak harus diangkat keatas (*abduksi*) (Nurmiyanto, 2003). Ditunjukkan pada Gambar 2.13 rekomendasi ketinggian bangku untuk stasiun kerja computer.



Gambar 2. 13 Rekomendasi ketinggian bangku untuk stasiun kerja komputer

Sumber: Nurmianto. (2003)

Para operator harus menegakkan lengan mereka diatas permukaan horisontal untuk jenis permukaan kerja yang terlalu tinggi dan menghasilkan penglihatan yang bagus. Hal ini dapat dikurangi dengan pembuatan sandaran lengan yang terbuat dari bantalan sepanjang sisi depan bangku. Fungsinya adalah dapat mengurangi benturan dengan sisi yang tajam dan mengurangi kerja otot statis. Satu penyelesaian terhadap konflik yang timbul antara permukaan kerja yang terlalu tinggi dengan penglihatan yang baik serta dan meletakkan tangan dengan rendah untuk mengurangi kelelahan. Penyelesaian lain mungkin dengan cara menaikkan material yang diperlukan sedekat mungkin dengan penglihatan. Berikut ini adalah contoh Gambar 2.14 yang menunjukkan stasiun kerja yang tidak beraturan seperti, tidak adanya ruang untuk kaki, keyboard yang terlalu tebal dan monitor yang terlalu rendah. (misal: *Copy-Holder*) (Nurmianto, 2003).



Gambar 2.14 Contoh stasiun kerja yang tidak beraturan

Sumber: Nurmianto. (2003)

2.6 Pendekatan-pendekatan Untuk Perancangan Kursi

Pendekatan ini menekankan pada ketentuan dari sandaran punggung yang dapat disetel untuk menyangga daerah *lumbar* atau daerah yang lebih rendah pada tulang belakang. Ini dapat mengurangi otot yang diperlukan untuk menjaga suatu sikap duduk yang kaku atau tegang. Hal ini juga dapat mengurangi kecenderungan tulang belakang ke arah bentuk *khyphosis*. Sandara kursi perusahaan juga menstabilisasi sikap duduk dan menghasilkan suatu reaksi terhadap gerakan yang agak sedikit mendorong kedepan selama bekerja (Nurmianto,2003).

Persyaratan adanya bantalan punggung akan bermanfaat untuk mengatasi sakit dipunggung. Banyak sandaran tempat duduk (pesawat terbang, *theater*, dll) yang tidak mempunyai penyangga empuk yang berguna sebagai bantalan penyangga. Kursi eksekutif saat ini umumnya dikembangkan dengan penyangga ruas tulang belakang bagian bawah (*lumbar*), sedangkan tempat duduk mobil yang dapat di setel semakin banyak dikagumi orang.

Sandaran punggung dan ruas tulang belakang bagian bawah (*lumbar*) pada tempat duduk dikantor cenderung mengarah ke bawah dan tidak ideal untuk

bersandar. Grandjean (1987) menjelaskan dalam bukunya “ *Fitting the task to the Man*” menganjurkan sebuah kursi dengan bagian belakang yang tinggi untuk sandaran belakang yang aman, yang juga menggambarkan adanya penopang (lumbar) yang tidak bisa disetel (Nurmianto, 2003). Dalam hal itu ada 2 perancangan untuk kursi yang akan dijelaskan pada point sebagai berikut:

i. Perancangan Tempat Duduk yang Miring Ke Depan

Pendekatan ini dianjurkan oleh A.C Mandal (*The seated man homo sendens*), *Applied Ergonomics*, 1981, V12, P19), dan didasarkan pada keinginan untuk tidak membungkuk sesering mungkin. Pada umumnya, permukaan tempat duduk dimiringkan sekitar 5° kearah belakang untuk mengurangi kemungkinan operator meluncur kedepan. Memperkirakan kemiringan bangku kedepan sampai 15° , dan permukaan, kemudian 20° dari tekukan lumbar bisa dilihat pada Gambar 2.15. dia juga memperkirakan bahwa kemiringan puncak belakang meja sekitar 5° . Selanjutnya cara mengurangi pembengkokan adalah dengan mengurangi kebutuhan untuk bersandar kedepan. Beliau menerangkan bahwa sikap duduk yang tegang tidak konsisten dengan membaca dan menulis karena tulisannya terlalu jauh. Memiringkan dan membuat meja lebih tinggi akan sangat membantu jika tujuan utama dari meja adalah untuk membaca dan menulis (Nurmianto, 2003).



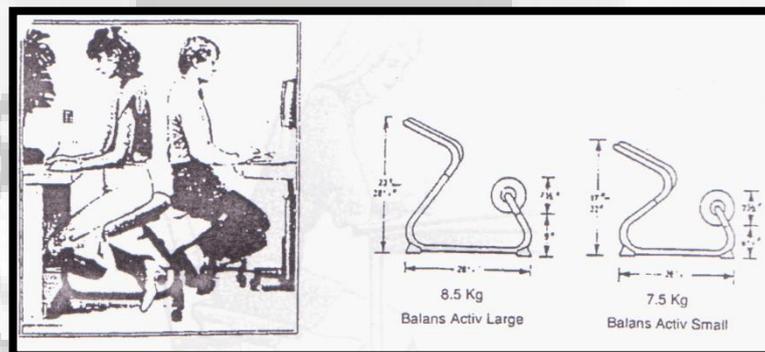
Gambar 2. 15 Rekomendasi pada bangku atau kursi untuk menulis yang dianjurkan oleh Mandal (1981)

Sumber: Nurmianto. (2003)

ii. Postur Duduk Berlutut (*The Kneeling Posture*) pada Kursi Setimbang (*The Balans Chair*)

Kursi keseimbangan adalah suatu hasil logika terhadap problema dan perubahan tekukan tulang belakang jika duduk. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.16. bahwa perputaran pinggul (*hip flexion*) dapat dikurangi dengan cepat dan rotasi panggul (*pelvis*) hampir dapat dihilangkan. Akan tetapi seseorang akan dapat meluncur pada kursi ini jika kursi tersebut tidak ada sandaran untuk lutut. Oleh karena itu suatu porposisi besar dan berat badan dipindahkan pada kedua lutut. Kursi keseimbangan ini menawarkan lebih banyak kenyamanan pada penderita-penderita nyeri atau sakit punggung, namun kursi ini juga menimbulkan lebih banyak masalah seperti:

- Kesulitan untuk perubahan sikap duduk,
- Tekanan pada lutut, dan
- Putaran dan kaki dan ibu jari kaki.



Gambar 2. 16 Jenis-jenis kursi keseimbangan (*Balans Chair*)

Sumber: Nurmianto. (2003)

iii. Perancangan sudut sandaran kursi sampai suatu posisi

Hal ini akan mengurangi reaksi pada berat badan bagian atas sepanjang punggung, dan sepanjang tulang belakang. Suatu sandaran punggung yang sesuai untuk kursi panjang (kursi malas)

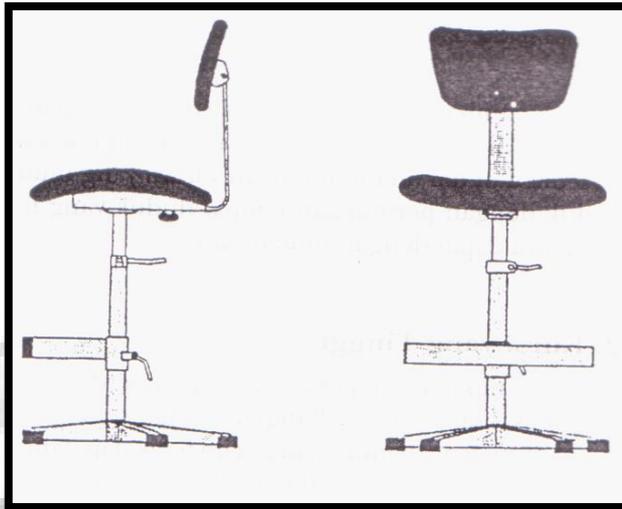
dan yang lebih penting lagi untuk tempat duduk kendaraan adalah sama sudut 110 °. E.Grandjean memberikan suatu sudut yang sejenis untuk kursi panjang (kursi malas).

A. Ukuran (Dimensi Kursi)

Ukuran-ukuran kursi seharusnya didasarkan pada data antropometri yang sesuai, dan ukuran-ukurannya ditetapkan. Penyesuaian tinggi dan posisi sandaran punggung sangat diharapkan, tetapi belum banyak praktis dalam banyak keadaan (transportasi umum, gedung-gedung pertunjukkan, restoran, dll). Dalam hal pemilihan ukuran yang telah ditetapkan dan jangkauan penyesuaian untuk tinggi tempat duduk, kita harus membedakan antara dua kategori kursi untuk bekerja, (Nurmianto, 2003):

1. Kursi rendah, yang digunakan pada bangku dan meja (*desks and tables*).
2. Kursi yang lebih tinggi yang digunakan pada bangku dan mesin (*Benches and machines*) dimana pekerjaannya memungkinkan untuk berdiri.

Problem utama yang timbul dari kursi ini adalah terbatasnya gerak untuk lutut. Perancangan ulang untuk kursi yang memiliki ruang untuk lutut lebih diinginkan. Untuk memberikan keleluasaan ruang posisi sandaran kaki yang seharusnya juga dibuat pada kerangka bangku tersebut. Sandaran kaki seharusnya dapat di setel untuk tinggi yang tidak bergantung pada tinggi tempat duduk, untuk panjang kaki yang lebih rendah. Ditunjukkan pada Gambar 2.17 kursi tinggi yang banyak digunakan di industri.



Gambar 2.17 Kursi Tinggi yang Banyak Digunakan di Industri.

Sumber: Nurmianto. (2003)

2.7 Metode RULA (Rapid Upper Limb Assessment) Dan REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Dalam *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA) menurut McAtamney And Corlett (1993) berpendapat bahwa

metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi yang menginvestigasikan dan menilai posisi kerja yang dilakukan oleh tubuh bagian atas. Peralatan ini tidak melakukan piranti khusus dalam memberikan pengukuran posisi leher, punggung, dan tubuh bagian atas sejalan dengan fungsi otot dan beban eksternal yang ditopang oleh tubuh. Metode RULA membutuhkan waktu sedikit untuk melengkapi dan melakukan *scoring* general pada daftar aktivitas yang mengindikasikan perlu adanya pengurangan resiko yang diakibatkan pengangkatan fisik yang dilakukan operator.

Menurut McAtamney And Corlett (1993) berpendapat bahwa

Rapid Entire Body Assesment (REBA) adalah sebuah metode dalam bidang ergonomi yang digunakan secara cepat untuk menilai postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki seorang pekerja.

Dalam REBA memiliki kesamaan yang mendekati metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), tetapi metode REBA tidak sebaik metode RULA yang menunjukkan pada analisis pada keunggulan yang sangat dibutuhkan dan untuk pergerakan pada pekerjaan berulang yang diciptakan, REBA lebih umum, dalam

penjumlahan salah satu sistem baru dalam analisis yang didalamnya termasuk faktor-faktor dinamis dan statis bentuk pembebanan interaksi pembebanan perorangan, dan konsep baru berhubungan dengan pertimbangan dengan sebutan “*The Gravity Attended*” untuk mengutamakan posisi dari yang paling unggul. Berbeda dengan RULA, REBA dilengkapi dengan faktor *coupling*, beban eksternal aktivitas kerja (McAtamney dan Corlett, 1993).

2.7.1 Tahapan-tahapan REBA

Metode REBA telah mengikuti karakteristik yang telah dikembangkan untuk memberikan jawaban untuk keperluan mendapatkan peralatan yang bisa digunakan untuk mengukur pada aspek pembebanan fisik para pekerja. Analisis dapat dibuat sebelum atau setelah sebuah interferensi untuk mendemonstrasikan resiko yang telah dihentikan dari sebuah cedera yang timbul. Hal ini memberikan sebuah kecepatan pada penilaian sistematis dari resiko sikap tubuh dari seluruh tubuh yang bisa pekerja dapatkan dari pekerjaannya. Metode REBA juga dilengkapi dengan faktor *coupling*, beban eksternal aktivitas kerja. Tahap-tahap penilaian postur dan pergerakan kerja apabila menggunakan metode REBA adalah (McAtamney dan Corlett, 1993):

- Pengambilan data berupa postur pekerja dengan menggunakan bantuan video atau foto. Hal ini dilakukan supaya peneliti mendapatkan data mengenai postur tubuh secara detail (valid). Dengan demikian, akan didapatkan data yang akurat untuk tahap perhitungan serta analisis selanjutnya.
- Melakukan perhitungan nilai dari hasil rekaman dan foto postur tubuh pekerja. Perhitungan nilai dimulai dengan menganalisis posisi leher, tulang punggung, dan kaki dengan memberikan score pada masing-masing komponen. Kemudian, ketiga komponen tersebut dikombinasikan ke dalam sebuah tabel untuk mendapatkan nilai akhir pada bagian pertama atau score A dan ditambah dengan score untuk *force/load*. Selanjutnya, dilakukan perhitungan pada bagian lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. dengan cara mengombinasikan ketiga komponen tersebut untuk mendapatkan nilai akhir pada bagian

kedua atau score B dan ditambah dengan coupling score. Setelah diperoleh total score A dan score B, kedua total nilai tersebut dikombinasikan ke dalam tabel C. Melalui nilai di table ini dan penambahan dengan *activity score*, didapatkan nilai akhir yang akan menggambarkan hasil analisis postur kerja.

- Perhitungan analisis postur ini dilakukan untuk kedua sisi tubuh kiri dan kanan. Dari hasil akhir metode REBA, diperoleh skala dari level tiap aksi yang akan memberikan panduan untuk resiko dari masing-masing level dan tindakan yang dibutuhkan.

2.7.2 Penilaian Resiko Kerja Menggunakan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

Penilaian menggunakan RULA merupakan metode yang telah dilakukan oleh Mc Atamney dan Corlett (1993). Tahap-tahap menggunakan metode RULA seperti, pengembangan pencatatan skor postur tubuh, perhitungan sistem skor untuk penggolongan setiap bagian tubuh, dan perhitungan skor akhir dan daftar langkah perbaikan.

Suatu metode RULA memiliki 2 bagian tubuh dalam menilai suatu postur tubuh, yaitu grup A dan grup B. Grup A meliputi lengan atas dan lengan bawah serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, badan dan kaki. Hal ini memastikan bahwa seluruh Posisi tubuh dicatat sehingga posisi kaki, badan dan leher yang terbatas yang mungkin mempengaruhi Posisi tubuh bagian atas dapat masuk dalam pemeriksaan.

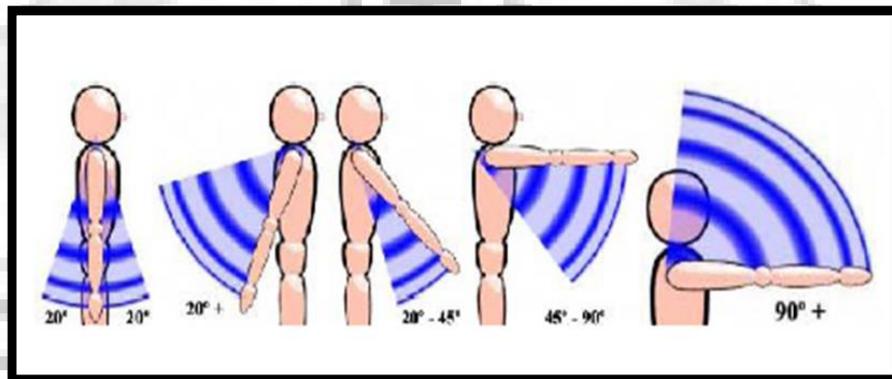
Pemeriksaan atau pengukuran dimulai dengan mengamati operator selama beberapa siklus kerja untuk menentukan tugas dan Posisi pengukuran. Pemilihan mungkin dilakukan pada Posisi dengan siklus kerja terlalu lama dimana beban terbesar terjadi. Karena RULA dapat dilakukan dengan cepat, maka pengukuran dapat dilakukan pada setiap posisi pada siklus kerja. Kelompok A memperlihatkan posisi tubuh bagian lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Kelompok B memperlihatkan Posisi tubuh bagian punggung, leher dan kaki. Dalam pengukuran tersebut menggunakan

sistem skor dengan melihat posisi tubuh untuk setiap gerakannya. Berikut ini adalah langkah dalam menentukan nilai skor-skor tersebut:

1. Grup A terdiri dari beberapa posisi yaitu sebagai berikut :

➤ Lengan Bagian Atas

Untuk memberikan penilaian terhadap lengan atas dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan lengan atas yang ditunjukkan pada Gambar 2.18 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.8.



Gambar 2.18 Posisi lengan bagian atas
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.8 Posisi lengan bagian atas

Skor	Gerakan
1	Lengan atas membentuk sudut 20^0
2	Lengan atas membentuk sudut $20^0 - 45^0$
3	Lengan atas membentuk sudut $45^0 - 90^0$
4	Lengan atas membentuk sudut lebih dari 90^0

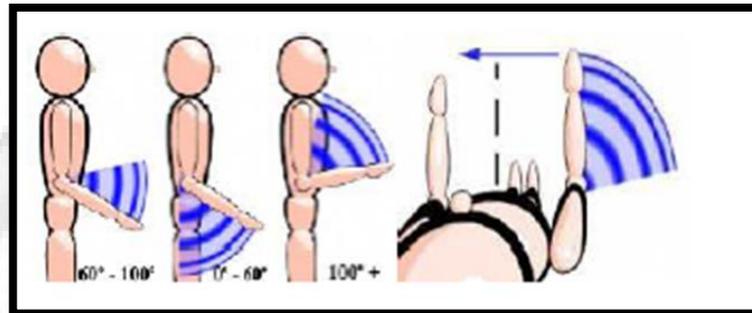
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

- ✓ + 1 jika pundak/bahu ditinggikan
- ✓ + 1 jika lengan atas *abducted*
- ✓ -1 jika operator bersandar atau bobot lengan ditopang

➤ Lengan Bagian Bawah

Untuk memberikan penilaian terhadap lengan bawah dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan lengan bawah yang ditunjukkan pada Gambar 2.19 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.9.



Gambar 2. 19 Posisi lengan bagian bawah

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.9 Posisi lengan bagian bawah

Skor	Gerakan
1	Lengan bawah membentuk sudut $60^0 - 100^0$
2	Lengan bawah membentuk sudut kurang dari 60^0 atau lebih dari 100^0

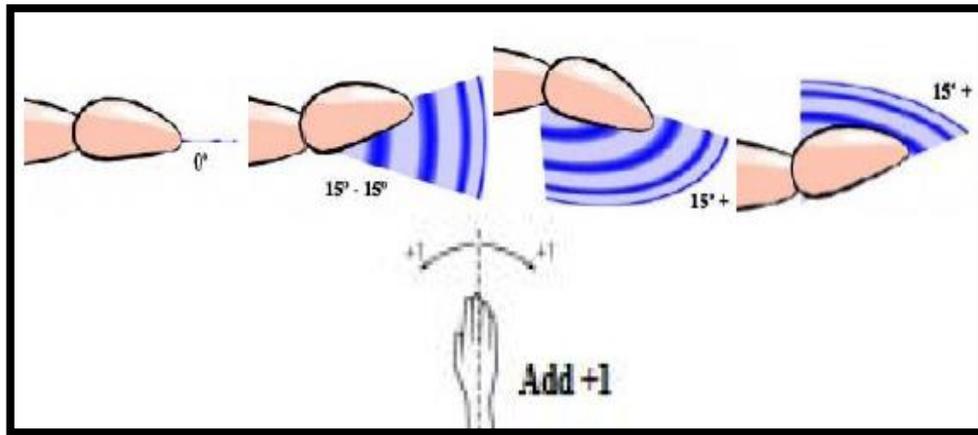
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

- ✓ + 1 jika lengan bekerja melintasi garis tengah badan atau keluar dari sisi

➤ Tekukan Telapak Tangan dan Posisi Telapak Tangan yang Mengalami Tekukan dan Putaran

Untuk memberikan penilaian terhadap tekukan telapak tangan dilakukan dengan cara melihat posisi tekukan telapak tangan yang ditunjukkan pada Gambar 2.20 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.10. Selain itu, dari posisi tekukan tersebut dilihat apakah mengalami perputaran juga tau tidak yang ditunjukkan pada Tabel 2.11.



Gambar 2.20 Posisi telapak tangan

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.10 Posisi tekukan telapak tangan (*wrist*)

Skor	Gerakan
1	Jika telapak tangan berada dalam posisi netral
2	Jika telapak tangan tertekuk dengan sudut $0^0 - 15^0$
3	Jika telapak tangan tertekuk dengan sudut lebih dari 15^0

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

✓ +1 jika pergelangan tangan berada pada deviasi radial maupun ulnar

Tabel 2.11 Posisi telapak tangan yang mengalami tekukan dan perputaran

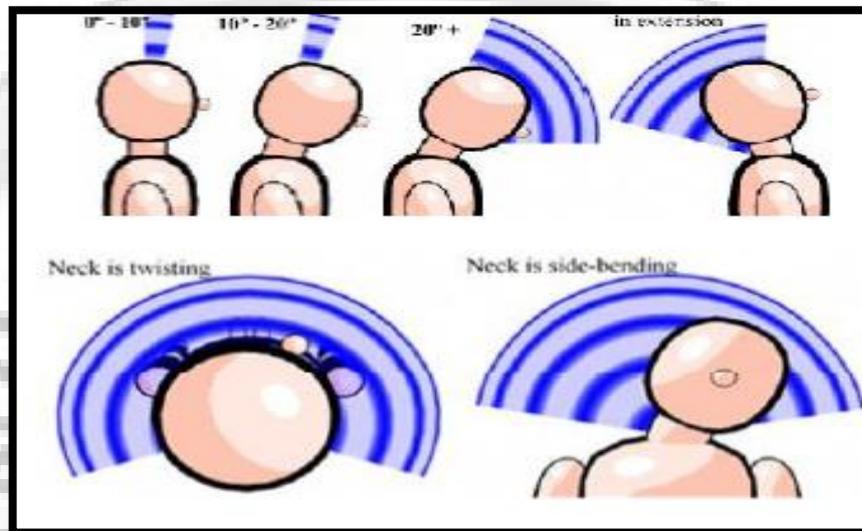
Skor	Gerakan
1	Bila telapak tangan yang tertekuk berputar pada posisi ditengah
2	Bila telapak tangan tertekuk didekat atau diakhiri dari putaran

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

2. Grup B terdiri dari beberapa posisi yaitu sebagai berikut :

➤ Leher

Untuk memberikan penilaian terhadap posisi leher dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan leher yang ditunjukkan pada Gambar 2.21 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.12.



Gambar 2.21 Posisi leher

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.12 Posisi leher

Skor	Gerakan
1	Jika leher membentuk sudut $0^0 - 10^0$
2	Jika leher membentuk sudut $10^0 - 20^0$
3	Jika leher membentuk sudut lebih dari 20^0
4	Jika leher melakukan posisi mendongak keatas atau menunduk

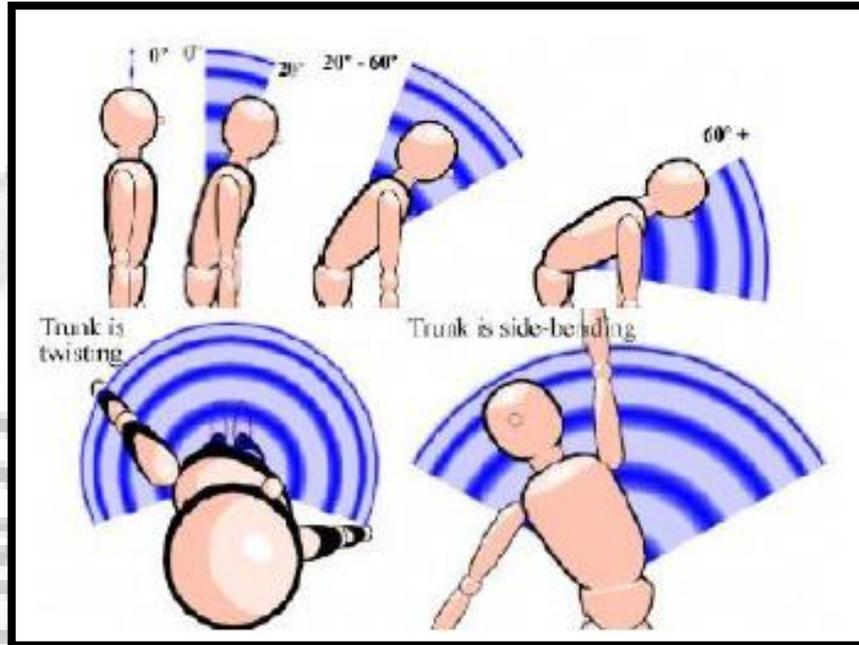
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan :

- ✓ +1 jika leher diputar atau posisi miring, dibengkokkan ke kanan atau kiri.

➤ Punggung

Untuk memberikan penilaian terhadap posisi punggung dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan punggung yang ditunjukkan pada Gambar 2.22 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.13.



Gambar 2. 22 Posisi punggung

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.13 Posisi punggung

Skor	Gerakan
1	Jika operator duduk atau disangga dengan baik oleh pinggul punggung yang membentuk sudut 90^0 atau lebih
2	Jika punggung membentuk sudut $0^0 - 20^0$
3	Jika punggung membentuk sudut $20^0 - 60^0$
4	Jika punggung membentuk sudut 60^0

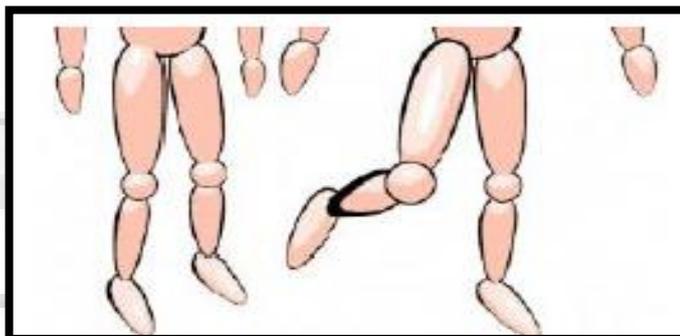
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

- ✓ +1 jika tubuh diputar
- ✓ +1 jika tubuh miring kesamping

➤ Posisi Kaki

Untuk memberikan penilaian terhadap posisi kaki dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan kaki seperti pada Gambar 2.23 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.14.



Gambar 2. 23 Posisi kaki

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2. 14 Posisi kaki

Skor	Gerakan
1	Jika paha dan kaki disangga dengan baik pada saat duduk dan tubuh selalu dalam keadaan seimbang
2	Jika dalam posisi berdiri dimana berat tubuh didistribusikan merata ke kedua kaki
3	Jika paha dan kaki tidak disangga dan titik berat tubuh tidak seimbang

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Setelah dilakukan penentuan skor untuk grup A (lengan bagian atas, lengan bagian bawah, telapak tangan) dan B (leher, punggung, kaki) selanjutnya menetapkan skor penggunaan otot (*muscle use score*) dan skor untuk gaya atau pembebanan (*force/load score*) dengan ketentuan sebagai berikut:

1. (*muscle use score*)

Tambahkan nilai +1, apabila terjadi :

- Postur statis, berlangsung selama 1 menit atau lebih.
- Gerakan berulang 4 kali atau lebih dalam 1 menit.

2. (*force/load score*)

Dalam menentukan (*force/load score*) ditentukan dengan melihat lamanya waktu kerja dengan ketentuan:

Skor 1 apabila waktu kerja 4-6 jam

Skor 2 apabila waktu kerja lebih dari 6 jam

Setelah hal di atas dilakukan maka langkah selanjutnya adalah membuat tabel untuk postur tubuh baik dari grup A dan grup B yang nantinya bersama dengan *force/load score* dan *muscle use score* digunakan untuk menemukan skor akhir dan daftar aksi perbaikan. Untuk menentukan nilai grup A didapat pada Tabel 2.16

Cara penggunaannya adalah setelah menemukan skor untuk *upper arm* dan lainnya masukkan ke dalam tabel sesuai dengan skor dari tabel sebelumnya sampai kita menemukan nilai akhir dari tabel A ini. Untuk grup B menggunakan Tabel 2.17, cara memperoleh sama seperti yang dilakukan pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 *Force/load score*

Skor	Gerakan
0	Bila beban kurang dari 2 kg (<i>intermittent</i>)
1	Bila beban antara 2kg – 10kg (<i>intermittent</i>)
2	Bila beban antara 2kg – 10kg (statis atau perulangan)
3	Bila beban lebih dari 10kg atau perulangan atau beban kejut

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.16 Grup A (Posisi anggota gerak atas)

<i>Wrist Score</i>									
<i>Upper Arm</i>	<i>Lower Arm</i>	1		2		3		4	
		<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	2	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	6	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

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2. 17 Grup B (Leher, punggung, kaki)

<i>Trunk Posture Score</i>												
<i>Neck</i>	1		2		3		4		5		6	
	<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Langkah terakhir adalah melakukan pencarian skor akhir untuk mengetahui apakah posisi tubuh dari operator tersebut beresiko tidaknya, dengan cara penggabungan dari *muscle use score* dan *force/load score* sehingga didapatkan nilai *score C* dan *score D*. Nilai tersebut kemudian dimasukkan nilai akhir (*Grand Score*). Berikut ini adalah Tabel 2.18 nilai akhir.

Tabel 2. 18 Nilai akhir (*Grand Score*)

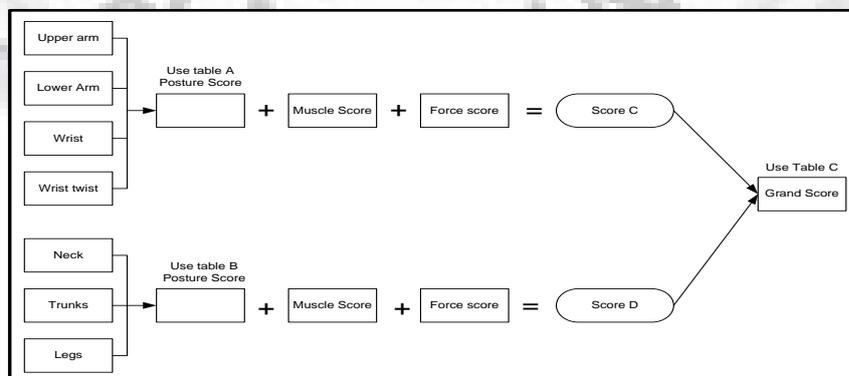
<i>Grand Total Score</i>									
	<i>Score D = Score from Tabel B + Muscle Use Score + Force</i>								
<i>Score C*</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	3	4	5	5	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	7
9	5	5	6	7	7	7	7	7	7

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Dari nilai akhir yang didapat kemudian diterjemahkan untuk mengetahui nilai tersebut masuk ke *Action Level* mana. Berikut ini adalah ketentuan dari *Action Level* untuk setiap skor yang didapat dengan menggunakan metode RULA yaitu sebagai berikut:

- *Action level 1*
Suatu skor 1 atau 2 menunjukkan bahwa postur ini biasa diterima jika tidak dipertahankan atau tidak berulang dalam periode yang lama.
- *Action level 2*
Skor 3 atau 4 menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lanjutan dan juga diperlukan perubahan-perubahan.
- *Action level 3*
Skor 5 atau 6 menunjukkan bahwa pemeriksaan dan perubahan perlu segera dilakukan.
- *Action level 4*
Skor 7 menunjukkan bahwa kondisi ini berbahaya maka pemeriksaan dan perubahan diperlukan dengan segera (saat itu juga).

Setelah langkah ini dilakukan baru bisa mengambil keputusan untuk melakukan perubahan dan perbaikan dari postur kerja operator baik itu dari fasilitas kerja maupun dari metode kerja yang ada, dan tergantung dari kebutuhan yang membutuhkan. Adapun uraian singkat langkah-langkah perhitungan RULA pada Gambar 2.24



Gambar 2.24 Lembar skor RULA

Sumber : McAtamney And Corlett (1993)

2.8 *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*

Menurut OSHA 2000: MSDs dalam jurnal Aah Nurliah atau gangguan muskuloskeletal, yaitu cedera dan gangguan path jaringan lunak (Otot, tendon, *ligarnea* sendi, dan tulang rawan) dan sistem saraf MSDs thpat mempengaruhi hampir semua jaringan termasuk saraf dan selubung tendon, dan paling sering melibatkan lengan dan punggung. Dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja MSDs disebut juga dengan istilah :gangguan trauma kumulatif (*Cumulative Trauma Disorders*ICTDs), trauma berulang (*repeated trauma*), cedera stres yang berulang (*repetitive stress*), dan sindrom kelelahan kerja (*Occupational Overexertion Syndrom*).

MSDs terjadi dalam kurun waktu yang panjang; mingguan, bulanan dan tahunan MSDs biasanya dihasilkan dan paparan berbagai faktor resiko yang dapat menyebabkan atau memperburuk gangguan, bukan dari satu aktivitas atau trauma seperti terjatuh, terkena benturan atau terkilir. MSDs dapat menyebabkan sejumlah kondisi termasuk nyeri. mati rasa kesemutan. sendi kaku. Sulit bergerak, kehilangan otot, dan kadang-kadang kelumpuhan Seringkali, pekerja harus kehilangan waktu kerja untuk pulih, bahkan beberapa pekerja tidak pernah mendapatkan kembali kesehatan penuh. Gangguan ini termasuk carpal tunnel syndrome. tendinitis, linu panggul, penonjolan tulang. dan nyeri pinggang. MSDs tidak termasuk cedera akibat slip, perjalanan, jatuh, atau kecelakaan serupa (OSHA 3125. 2000: Sanders, Martha J. 2000).

A. **Material Manual Handling**

Pada material manual handling ini, setiap pekerjaan yang membutuhkan penggunaan tenaga yang dikeluarkan oleh seseorang untuk mengangkat, mendorong atau menarik, membawa atau memindah, memegang atau menahan benda hidup atau tak hidup. (*National Occupational Health and Safety Comision, National Standard for Manual Handling. Canberra:AGPS, 1990*). Berdasarkan hal tersebut, maka menjadi jelas bahwa masalah *manual handling* merupakan aktivitas yang dominan dalam melaksanakan tugas keseharian di lingkungan kerja. faktor yang mempengaruhi kegiatan mengangkat dan membawa adalah:

- Beban, jarak membawa dan intenitas pembebanan

- Kondisi lingkungan kerja, yaitu keadaan lantai yang licin, kasar, naik, turun, dll.
- Ketrampilan kerja.
- Peralatan kerja beserta keamanannya.

B. *Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ)*

Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) adalah untuk mengembangkan dan menguji kuesioner standar metodologi yang memungkinkan perbandingan pinggang, leher, bahu dan keluhan umum untuk digunakan studi *epidemiologi* menurut Kroemer 2001 dalam Rachman (2008).

NMQ dapat digunakan sebagai kuesioner atau sebagai wawancara terstruktur orang menyebutnya *Nordic Body Map*. *Nordic Body Map* bertujuan mengetahui ketidaknyaman pada para pekerja dan kuesioner ini paling sering digunakan karena sudah terstandarisasi dan tersusun rapi menurut Kroemer 2001 pada Nataya Charoonsri R, S. Mardi, Alexander Dian, Fransiskus.

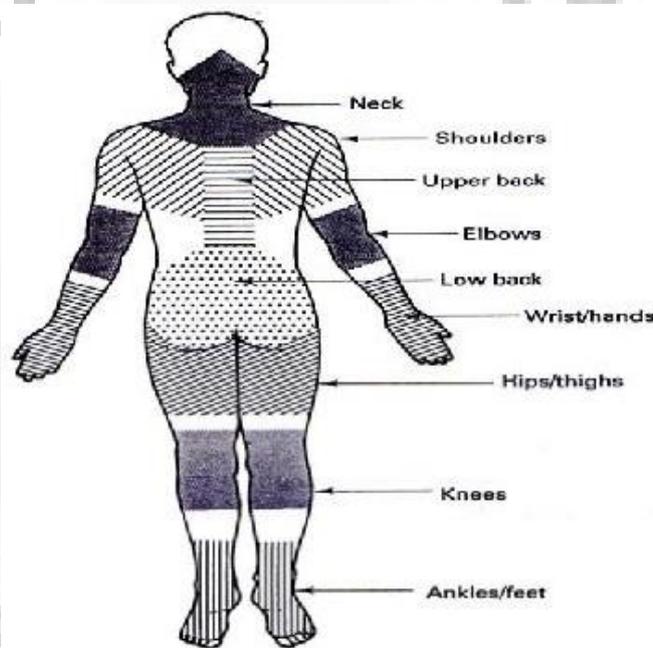
Pengisian kuesioner *Nordic Body Map* ini dimaksudkan mengetahui bagian tubuh dari pekerja yang terasa sakit sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan pada stasiun kerja. Kuesioner ini menggunakan gambar tubuh manusia yang sudah dibagi menjadi 9 bagian utama, sebagai berikut :

- a. Leher
- b. Bahu
- c. Punggung bagian atas
- d. Siku
- e. Punggung bagian bawah
- f. Pergelangan tangan/tangan
- g. Pinggang/pantat
- h. Lutut
- i. Tumit/kaki

Responden yang mengisi kuesioner diminta untuk memberikan tanda ada atau tidaknya suatu gangguan pada bagian-bagian tubuh yang mengakibatkan *musculoskeletal* tersebut. Kuesioner *Nordic Body Map* ini diberikan kepada seluruh pekerja yang terdapat pada stasiun kerja. Setiap responden harus mengisi

ada atau tidaknya keluhan yang dirasakan, baik sebelum maupun sesudah melakukan pekerjaan tersebut.

Setiap pekerja hanya perlu memberi tanda \surd pada setiap kolom untuk bagian tubuh yang terdapat keluhan rasa sakit dan tanda (-) untuk bagian tubuh yang tidak merasakan apa-apa baik sebelum maupun sesudah melakukan pekerjaan. Dari hasil kuesioner dapat dihitung persentase yang menunjukkan bagian tubuh yang sering dikeluhkan sakit oleh para pekerja berdasarkan perhitungan jawaban \surd yang diberikan untuk sebelum dan sesudah kerja. Berikut ini adalah Gambar 2.25 yang menunjukkan pembagian tubuh berdasarkan *Nordic Body Map*.



Gambar 2.25 Pembagian tubuh *Nordic Body Map*

Sumber: Kroemer (2001)

2.9 Analisis Kerja

Studi tata cara pengukuran kerja pada dasarnya akan sangat tergantung dan dipengaruhi oleh macam operasi yang berlangsung dalam sebuah sistem produksinya. Adanya berbagai macam operasi yang berbeda pula (Wignjoebroto, 2003)

Pendekatan yang direkomendasikan untuk setiap kasus yang dihadapi akan tergantung pada volume produksi, frekuensi perubahan dalam spesifikasi produk yang dibuat/dihasilkan, waktu dan dana yang tersedia untuk proses analisa dua faktor yang pertama, volume dan macam produk (output) merupakan dasar pertimbangan yang paling dominan didalam pemilihan tipe proses produksi seperti yang lazim dikenal sebagai tipe *flowshop*, *jobshop* dan *project*. Pada tipe *flowshop*, proses produksi berlangsung secara terus menerus dan berulang-ulang, menghasilkan produk jumlah besar (mass production) dengan macam/spesifikasi produk sedikit dan standard dalam jangka waktu lama, serta siklus waktu produksi relatif singkat. Dalam kondisinya kesempatan untuk mengurangi waktu operasi khususnya terhadap operasi produksi yang kritis akan menghasilkan penghematan biaya yang besar. Dalam kasus *flowshop*, analisa kerja akan dilakukan sedetil mungkin pada setiap stasiun kerja termasuk menganalisa gerakan-gerakan manual atau mesin dalam skala mikro.

Proses produksi yang mengikuti tipe *Jobshop*, di sini proses produksi dilaksanakan dengan berdasarkan pada produk pesanan yang spesifikasinya mengikuti kemauan customernya. Macam produk yang bisa dihasilkan umumnya fleksibel, tidak standard dan bervariasi: tetap jumlah (volume) masing-masing produk yang dibuat relatif terbatas serta frekuensi perubahan langkah-langkah operasional, akibat harus menyesuaikan dengan spesifikasi produk yang dibuat relatif terbatas serta frekuensi perubahan langkah-langkah operasional, akibat harus menyesuaikan spesifikasi produk yang dibuat seringkali harus dilakukan. Sebagai konsekuensinya, analisa kerja untuk tipe produksi yang dihasilkan relatif kecil, maka hal ini tidak akan membawa keuntungan ataupun penghematan biaya signifikan terhadap perubahan yang dilakukan sebagai hasil analisis kerja. Dalam proses *jobshop* kadang-kadang disebut pula dengan *jobordering shop*, kesempatan untuk melaksanakan perbaikan dapat diperoleh melalui perancangan tata letak (*layout*) fasilitas-fasilitas produksinya dengan tujuan pokok mengurangi beban perpindahan material, penjadwalan produksi secara lebih efektif lagi, sesegera mungkin memenuhi pesanan lebih tepat waktu dengan jalan menekan delay/idle time dan menjaga kelancaran aliran produksi (*just in time production sistem*).