

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka adalah pustaka yang menampilkan hasil-hasil dari penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan dan dijadikan acuan untuk melihat apakah penelitian sebelumnya sudah dilakukan dan dapat dikembangkan. Untuk tinjauan pustaka digunakan berbagai sumber yaitu pada jurnal-jurnal yang sudah melakukan penelitian. Berikut adalah judul dan isi yang dilakukan oleh jurnal-jurnal yang sudah melakukan penelitian yang berhubungan dengan Biomekanika dan Antropometri :

2.2.1. Penelitian Terdahulu

a. Penelitian Mengenai Perancangan Alat

Jurnal ini (Taifa & Desai, 2016) berisi mengenai pengukuran antropometri pada *furniture* yang dipakai oleh mahasiswa di India. Tujuan dilakukannya penelitian adalah untuk memperbaiki desain dari *furniture* tersebut karena desain tersebut buruk.

Langkah yang dilakukan peneliti jurnal ini adalah survey langsung mengenai bagian tubuh mana yang sakit yang dirasakan oleh mahasiswa tersebut. Survey dilakukan secara langsung yaitu dengan menggunakan kuesioner. Data yang sudah didapatkan kemudian peneliti melakukan pengolahan data dengan menggunakan *software Minitab 17.0* dan menunjukkan hasil dari pengolahan data dengan *Pareto Chart*.

Selanjutnya peneliti jurnal melakukan pengambilan data Antropometri yaitu dengan menggunakan cara tradisional dengan pengukuran langsung. Data ini digunakan sebagai acuan untuk mengukur dimensi tubuh mahasiswa agar nantinya ukuran desain dari *furniture* sesuai dengan tubuh mahasiswa India. Hasil dari penelitian ini adalah ukuran dimensi dari Antropometri yang sudah sesuai dengan dimensi tubuh mahasiswa di India dan data tersebut digunakan untuk mendesain dari *furniture* belajar yang baik.

Posisi dari penulis pada jurnal ini adalah penulis membutuhkan cara untuk pembuatan desain yang baik dan sesuai dengan dimensi acuan dari obyek yang akan diteliti.

b. Penelitian Mengenai Biomekanika

Jurnal ini (Daggfeldt & Thorstensson, 2003) berisi mengenai studi yaitu mengevaluasi dan mengembangkan model biomekanika pada pinggang belakang yang poisisinya *extention* yang terlalu *over*.

Langkah-langkah penelitian adalah yaitu pertama dengan memilih 4 laki-laki dengan kondisi sehat dan setelah itu diukur torsi maksimum yang dilakukan pada pinggang belakang mereka. Hasil torsi yang didapatkan dari masing-masing pria, maka selanjutnya torsi tersebut dibandingkan dengan ukuran maksimal torsi yang dapat diterima dari pinggang belakang.

Hasil yang didapatkan adalah kekuatan maksimum yang dapat dipakai acuan sebagai posisi pada saat melakukan aktivitas (pengangkatan, perpindahan material, dan lain-lain). Selain itu, pada hasil yang didapatkan dapat digunakan sebagai acuan untuk beban pengangkatan maksimum yang dapat diterima.

Posisi dari penulis adalah yaitu pada pengukuran torsi yang baik dan benar serta cara penerapan biomekanika pada bagian tubuh yang sesuai dengan penelitian.

Jurnal (Riemer, T., & Hsiao-Weckslar, 2008) berisi mengenai metode untuk meningkatkan akurasi dari estimasi torsi yang didapatkan di pengukuran sendi yang nantinya dapat dideskripsikan dengan baik dan sesuai. Untuk melakukan penelitian ini maka digunakanlah pendekatan nonlinear dengan meminimasi perbedaan antara *ground reaction forces* (GRF) yang diketahui dan GRF yang diukur secara langsung.

Untuk mengevaluasi dari pendekatan ini, digunakanlah gerakan jongkok-bangun yaitu nantinya akan berpengaruh langsung pada sendi yang ada dan GRF.

Hasil dari peneiltian ini adalah torsi dari sendi pada masing-masing pergerakan yang didapatkan dari pengukuran yang telah dilakukan.

Posisi dari penulis disini adalah pada pengukuran torsi sendi yang dapat diterima oleh obyek penelitian untuk memperbaiki gerakan dan postur tubuh dari obyek.

Jurnal (Shojaei, Vazirian, Croft, Nussbaum, & Bazrgari, 2015) berisi mengenai penanganan material handling yang dapat digunakan pada masing-masing umur apakah beban angkat dan posisi postur tubuh sesuai dengan umur yang ada. Tujuan dari jurnal ini untuk mengurangi cedera punggung yang biasanya

dialami oleh orang-orang yang telah berumur. Langkah penelitian dimulai dari pengambilan data yaitu dengan mengambil 60 partisipan dengan gender berbeda dan umur dari 20 – 70 tahun. Langkah selanjutnya yaitu melibatkan penurunan beban seberat 4,5 kg dari posisi berdiri dengan lutut dan kaki dengan posisi sama, dan kemudian dilakukan pengangkatan dengan beban yang sama pada posisi semula.

Data yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengolahan data dan nantinya data tersebut dibandingkan dengan posisi gerakan dari umur yang muda dan tua.

Hasilnya adalah digunakan untuk mengembangkan dari postur manual handling yang benar sesuai dengan umur dari operator pengangkatan.

Posisi penulis disini adalah pada tempat penelitian perlunya posisi postur tubuh pada saat penanganan material secara manual yang nantinya disesuaikan dengan umur dari masing-masing pekerja yang terdapat pada lokasi penelitian.

c. **Buku dengan judul “*Occupational Biomechanics* oleh Don B. Chaffin, Gunnar B.J. Andersson, dan Bernard J. Martin”**

Buku ini berisi mengenai perhitungan dari biomekanika dan langkah-langkah mengenai cara perhitungan torsi dan mekanika. Penulis mengacu buku ini untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan yaitu mengenai analisis biomekanika dan cara-cara perhitungan dari analisis tersebut.

d. **Buku dengan judul “*Human Factors Engineering* oleh Chandler Allen Phillips, M.D., P.E.”**

Buku ini berisi mengenai perhitungan yang lebih lengkap mengenai mekanika untuk perhitungan torsi dari postur tubuh. Penulis membutuhkan buku ini karena di dalam buku ini terdapat contoh soal latihan untuk perhitungan torsi dan mekanika, sehingga penulis dapat mengacu cara-cara perhitungan tersebut ke dalam penelitian yang akan dilakukan.

e. **Buku dengan judul “*Ergonomics “How To Design For Ease And Efficiency”* oleh Karl Kroemer, Henrike Kroemer, dan Katrin Kroemer-Elbert.”**

Buku ini berisi mengenai teori-teori Ergonomi yaitu mengenai Antropometri, dan berisi mengenai penanganan manual handling secara baik dan benar,

sehingga penulis dapat mengacu pada penelitian yang akan dilakukan mengenai postur tubuh yang baik dan benar.

f. **Buku dengan judul “Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas” oleh Tarwaka; Bakri, Solichul HA.; Sudiajeng, Lilik**

Buku ini berisi mengenai teori-teori Ergonomi yaitu mengenai Antropometri, dan berisi mengenai penanganan manual handling secara baik dan benar, sehingga penulis dapat mengacu pada penelitian yang akan dilakukan mengenai postur tubuh yang baik dan benar.

2.2.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan pada UMKM yang bernama Rejowinangun Original Leather, dimana UMKM ini memproduksi dompet kulit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi sakit yang diakibatkan oleh postur kerja yang belum benar pada proses pengeleman.

Penelitian ini menggunakan beberapa macam tools, yaitu *Nordic Body Map*, *Quick Exposure Check* (QEC), dan menggunakan software CATIA VR5 untuk membuat desain alat bantu pada proses pengeleman.

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Pengertian Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyerasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004). Pengertian ergonomi menurut (Wignjosoebroto S. , 2004) dalam buku Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas oleh (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004) adalah Ergonomi yang seringkali juga disebut sebagai *Human Factor Engineering*, *Engineering Psychology*, dan sebagainya sebagai sebuah disiplin keilmuan meletakkan manusia pada titik pusat perhatiannya dalam sebuah sistem kerja dimana manusia terlibat didalamnya. Menurut (IB Adnyana Manuaba, 2004) dengan intervensi ergonomi biaya murah, kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja dapat ditingkatkan, dengan sendirinya produktivitas kerja meningkat dan sudah barang tentu keuntungan perusahaan juga akan meningkat.

Ergonomi adalah cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien (Sutalaksana; Z, Iftikar, 1979).

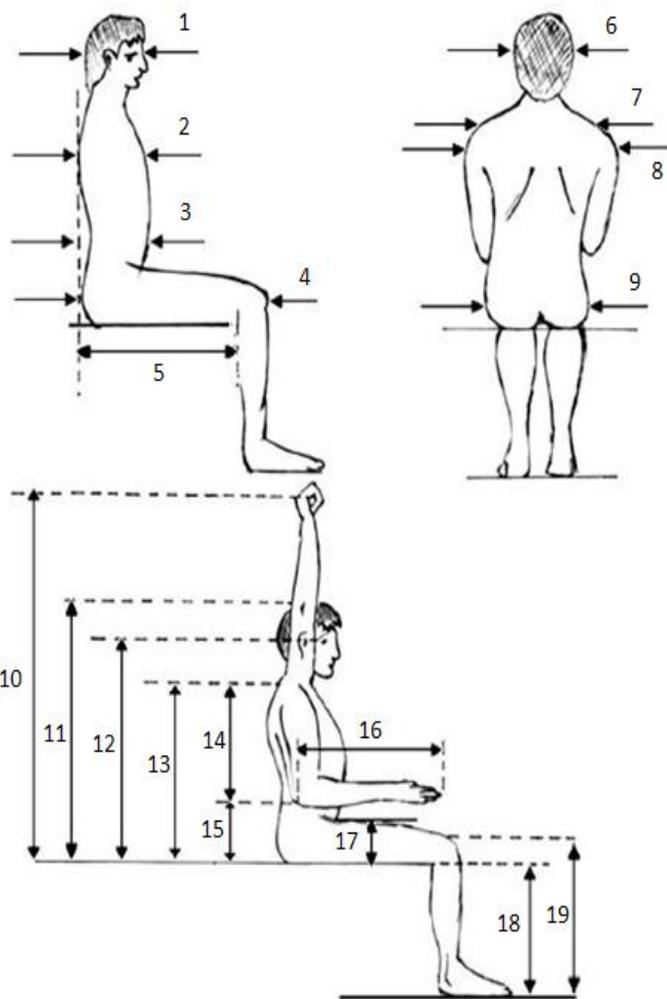
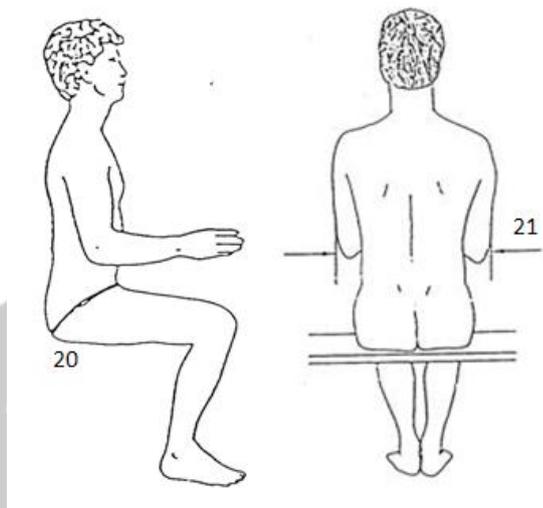
Tujuan dari ergonomi menurut (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004) adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

2.1.2. Antropometri

Antropometri adalah sebuah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia dan bidang antropometri meliputi berbagai ukuran tubuh manusia seperti berat badan, posisi ketika berdiri, ketika merentangkan tangan, lingkar tubuh, panjang tungkai, dan sebagainya (Wignjosoebroto, 2008). Antropometri berasal dari “anthro” yang memiliki arti manusia dan “metri” yang memiliki arti ukuran, dan antropometri adalah sebuah studi tentang pengukuran tubuh dimensi manusia dari tulang, otot, dan jaringan adiposa atau lemak (Survey, 2016).

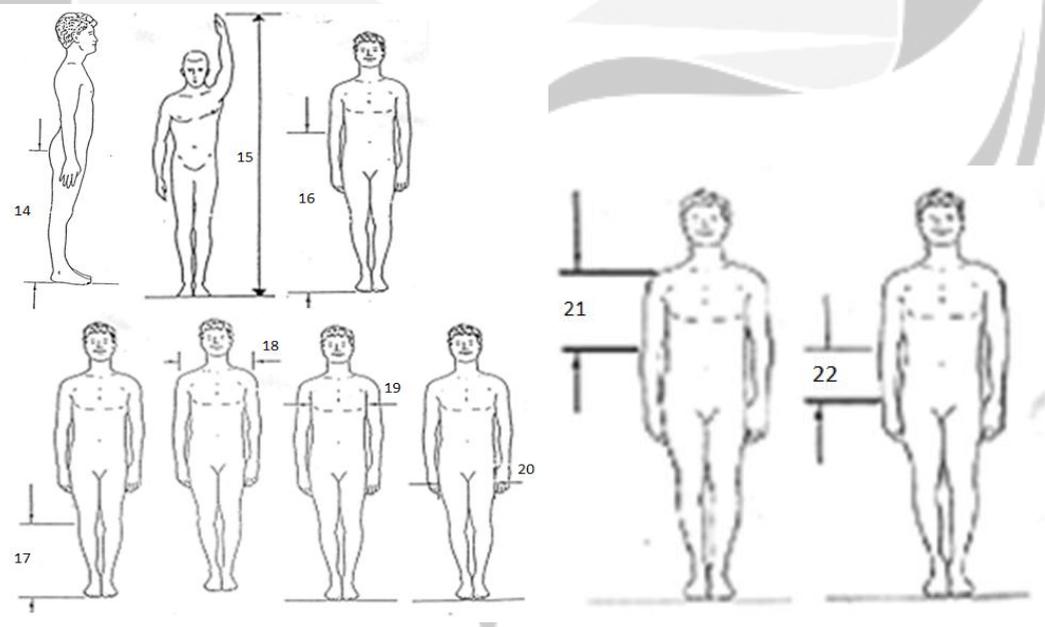
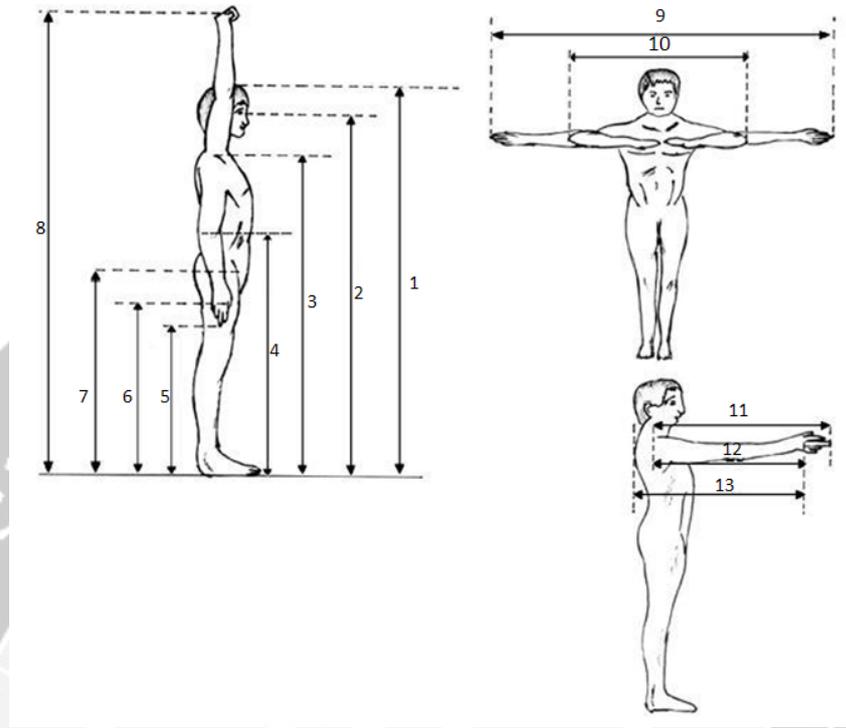
Dimensi antropometri dibagi menjadi 2 posisi, yaitu pada posisi berdiri dan pada posisi duduk. Sedangkan untuk jenis-jenis dari antropometri yaitu bagian badan, kepala, tangan, dan kaki. Untuk dimensi dari masing-masing antropometri adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Antropometri pada Posisi Duduk

Tabel 2.1 Simbol Antropometri pada Posisi Duduk

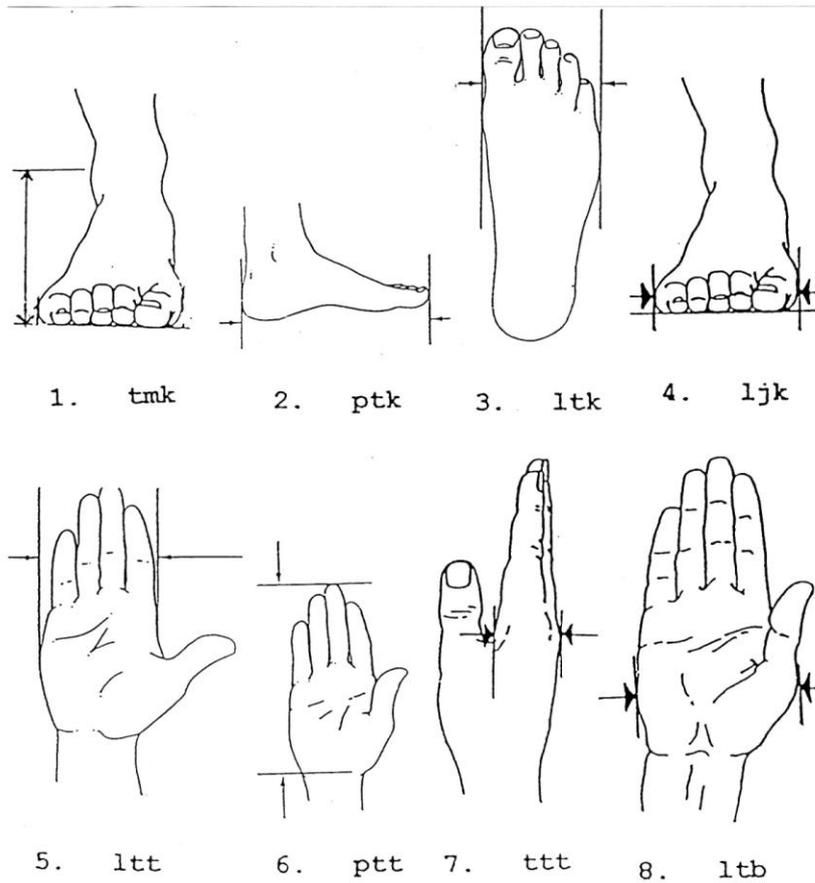
NO	NAMA DIMENSI TUBUH	SIMBOL
1	Panjang kepala	Pkd
2	Tebal dada	tdd
3	Tebal perut	tpr
4	Panjang lutut, duduk	Jpl
5	Panjang pantat ke popliteal	Pkp
6	Lebar kepala	Lkp
7	Lebar bahu bagian atas	Lba
8	Lebar bahu, duduk	Lbd
9	Lebar pinggul duduk	Lpd
10	Tinggi genggam ke atas. duduk	Tgd
11	Tinggi duduk tegak	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 2.2 Antropometri pada Posisi Berdiri

Tabel 2.2 Simbol Antropometri pada Posisi Berdiri

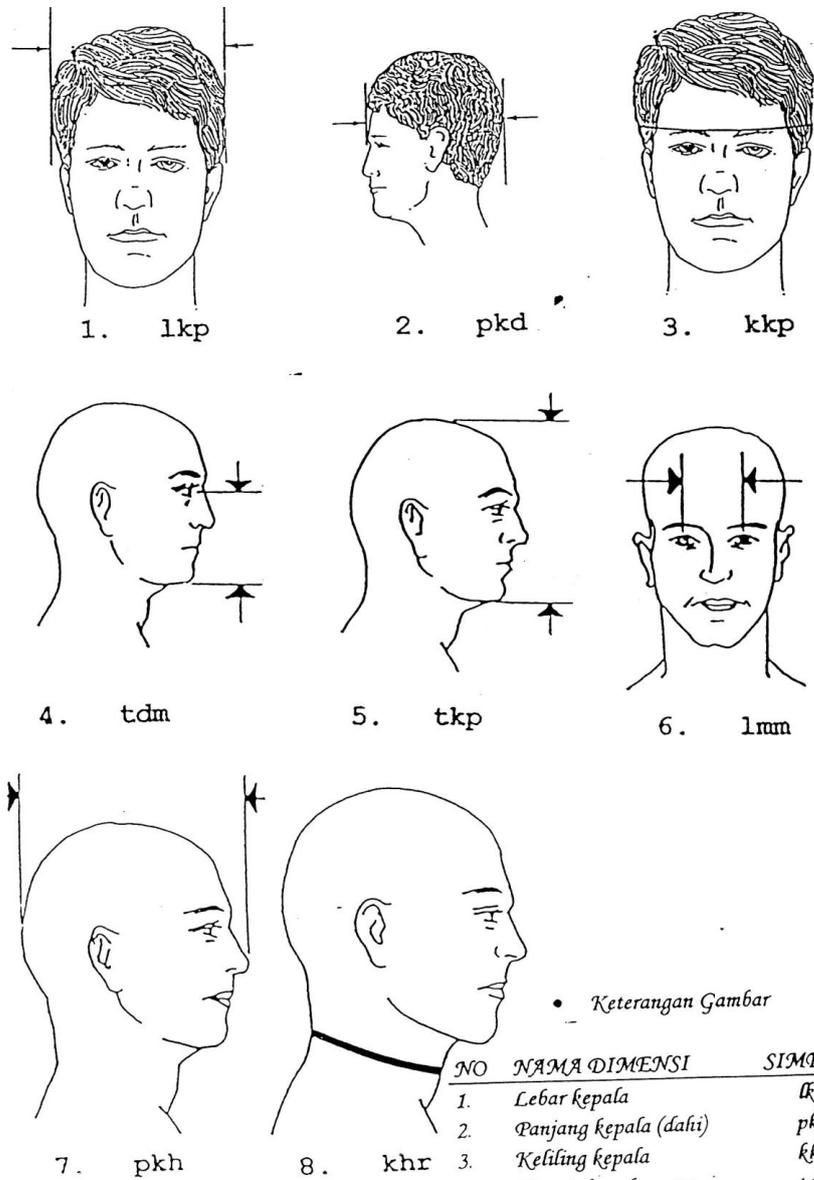
NO	NAMA DIMENSI TUBUH	SIMBOL
1	Tinggi Tubuh	tbb
2	Tinggi mata badan	tmb
3	Tinggi bahu	tbh
4	Tinggi siku	tsb
5	Tinggi ujung jari	tuj
6	Tinggi tulang ruas	ttr
7	Tinggi pinggul	tpl
8	Tinggi genggam tangan	tgg
9	Panjang rentangan tangan	prt
10	Panjang rentangan siku	prs
11	Jangkauan tangan	jkt
12	Panjang bahu-genggam tangan ke depan	pbg
13	Panjang genggam 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 siku ke siku	pks
22	Panjang siku ke pergelangan tangan	pst



• Keterangan Gambar

NO	NAMA DIMENSI	SIMBOL
1.	Tinggi mata kaki	tmk
2.	Panjang telapak kaki	ptk
3.	Lebar telapak kaki	ltk
4.	Lebar jantung kaki	ljk
5.	Lebar telapak tangan	ltt
6.	Panjang telapak tangan	ptt
7.	Tebal telapak tangan	ttt
8.	Lebar telapak tangan dari ibu jari	ltb

Gambar 2.3 Antropometri pada Kaki dan Tangan



• Keterangan Gambar

NO	NAMA DIMENSI	SIMBOL
1.	Lebar kepala	lkp
2.	Panjang kepala (dahi)	pkd
3.	Keliling kepala	kkp
4.	Tinggi dagu ke mata	tdm
5.	Tinggi kepala	tkp
6.	Lebar mata ke mata	lmm
7.	Panjang kepala (hidung)	pkh
8.	Keliling leher	khr

Gambar 2.4 Antropometri pada Kepala

2.1.3. Sikap dan Postur Kerja

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

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

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

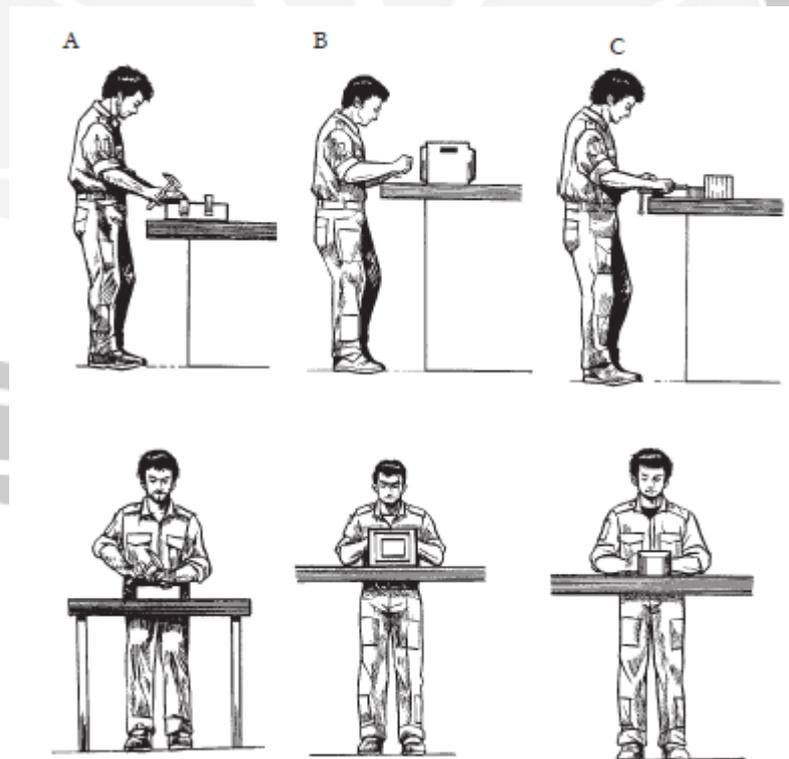
- a. Pekerjaan yang memerlukan kontrol dengan teliti pada kaki
- b. Pekerjaan utama adalah menulis atau memerlukan ketelitian pada tangan
- c. Tidak diperlukan tenaga dorong yang besar
- d. Objek yang dipegang tidak memerlukan tangan bekerja pada ketinggian lebih dari 15 cm dari landasan kerja
- e. Diperlukan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

Selain postur kerja duduk, terdapat postur kerja dengan posisi berdiri. Menurut (Sutalaksana, 2000) bahwa sikap berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental, sehingga aktivitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat, dan teliti. Namun

demikian mengubah posisi duduk ke berdiri dengan masih menggunakan alat kerja yang sama akan melelahkan.

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

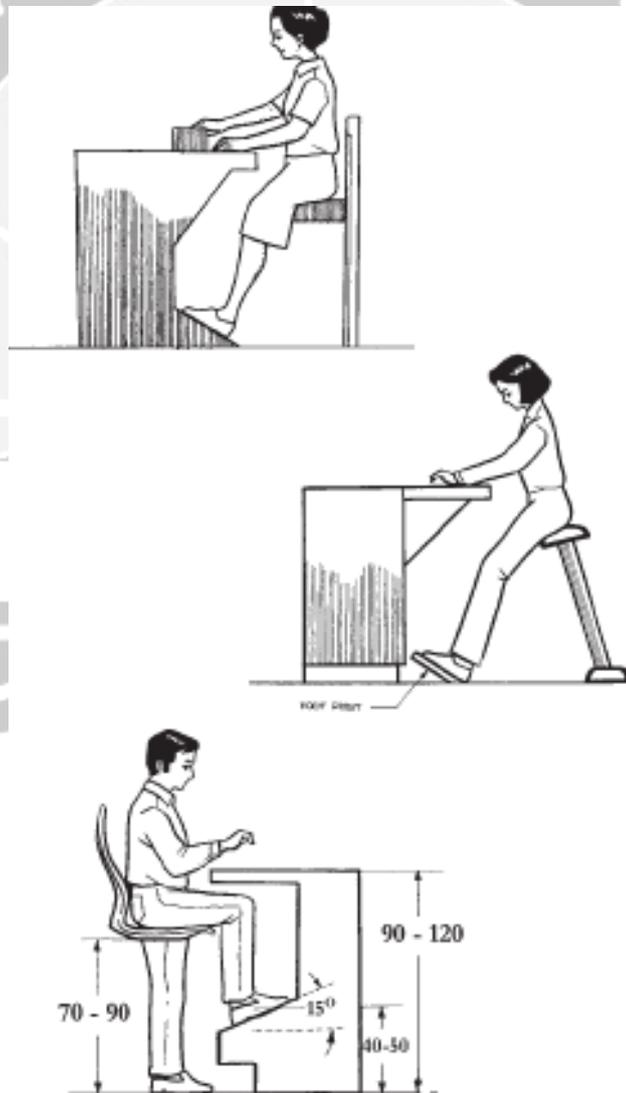
- a. Tidak tersedia tempat untuk kaki dan lutut
- b. Harus memegang objek yang berat (lebih dari 4,5 kg)
- c. Sering menjangkau ke atas, ke bawah, dan ke samping
- d. Sering dilakukan pekerjaan dengan menekan ke bawah
- e. Diperlukan mobilitas tinggi



Gambar 2.5 Landasan Kerja untuk Sikap Kerja Berdiri : A. Pekerjaan Memerlukan Penekanan, B. Pekerjaan Memerlukan Ketelitian, C. Pekerjaan Ringan

Pembuatan desain kerja kombinasi duduk dan berdiri (dinamis) juga ditentukan dari sifat pekerjaan yang dilakukan. Menurut (Clark, 1996) dicoba untuk mengambil keuntungan dari kedua posisi tersebut dan mengkombinasikan desain stasiun kerja untuk posisi duduk dan berdiri menjadi satu desain dengan bahasan sebagai berikut :

- a. Pekerjaan dilakukan dengan duduk pada suatu saat dan pada saat lainnya dilakukan dengan berdiri saling bergantian
- b. Perlu menjangkau sesuatu lebih dari 40 cm ke depan dan atau 15 cm di atas landasan kerja
- c. Tinggi landasan kerja dengan kisaran antara 90 – 120 cm merupakan ketinggian yang paling tepat baik untuk posisi duduk maupun berdiri.



Gambar 2.6 Stasiun Kerja dan Sikap Kerja Dinamis (Duduk di Suatu Saat dan Berdiri atau Duduk-Berdiri pada Saat Lainnya) Sesuai Keinginan Pekerja

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

Tabel 2.3 Pemilihan Sikap Kerja Terhadap Jenis Pekerjaan yang Berbeda

Jenis Pekerjaan	Sikap Kerja yang Dipilih	
	Pilihan pertama	Pilihan kedua
* Mengangkat >5 kg	Berdiri	Duduk - berdiri
* Bekerja dibawah tinggi siku	Berdiri	Duduk - berdiri
* Menjangkau horizontal di luar daerah jangkauan optimum	Berdiri	Duduk - berdiri
* Pekerjaan ringan dengan pergerakan berulang	Duduk	Duduk - berdiri
* Pekerjaan perlu ketelitian	Duduk	Duduk - berdiri
* Inspeksi dan monitoring	Duduk	Duduk - berdiri
* Sering berpindah-pindah	Duduk - berdiri	Berdiri

Sumber: Helander (1995:60). A Guide to the Ergonomics of Manufacturing.

2.1.4. Nordic Body Map

Nordic Body Map adalah suatu kuesioner yang berfungsi untuk mengetahui gejala penyakit yang ditimbulkan akibat bekerja dengan suatu postur tertentu. *Nordic Body Map* dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit (Corlett, 1992).

Cara menggunakan *Nordic Body Map* adalah dengan memberikan langsung lembar kuesioner kepada responden (operator) yang bekerja langsung pada tiap proses. Isi dari pertanyaan dari *Nordic Body Map* adalah "Pernahkah operator merasakan sakit pada bagian tubuh tertentu ?"

Kuesioner ini nantinya akan didapatkan hasil yaitu sakit bagian tubuh yang disebabkan pada masing-masing proses produksi atau pekerjaan.

Lembar kuesioner *Nordic Body Map* terdapat pada lampiran.

2.1.5. Quick Exposure Check

Quick Exposure Check (QEC) adalah suatu metode penilaian dari beban postur kerja suatu proses yang diperkenalkan oleh Dr. Guanyang Li dan Peter Buckle

yaitu menilai pada empat bagian tubuh yaitu bagian punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher (Ahmad Ilman, 2013). QEC dikembangkan untuk :

- a. Menilai perubahan paparan pada tubuh yang berisiko terjadinya *musculoskeletal* sebelum dan sesudah intervensi ergonomi.
- b. Melibatkan pengamat dan juga pekerja dalam melakukan penilaian dan mengidentifikasi kemungkinan untuk perubahan pada sistem kerja.
- c. Membandingkan paparan risiko cedera diantara dua orang atau lebih yang melakukan pekerjaan yang sama, atau diantara orang-orang yang melakukan pekerjaan yang berbeda
- d. Meningkatkan kesadaran diantara para manajer, *engineer*, desainer, praktisi keselamatan dan kesehatan kerja dan para operator mengenai faktor risiko *muskuloskeletal* pada stasiun kerja.

Metode QEC ini dapat dikatakan tidak semuanya berdasarkan pengamatan dari peneliti, tetapi juga operator yang akan diteliti ikut terlibat, karena dalam pengambilan data peneliti dan operator saling mengisi kuesioner dimana isi dari kuesioner menggambarkan peran masing-masing. Berikut adalah contoh dari *exposure level* dan kuesioner :

Tabel 2.4 Action Level QEC

Total Exposure Level	Action
< 40%	Aman
40-49%	Perlu penelitian lebih lanjut
50-69%	Perlu penelitian lebih lanjut dan dilakukan perubahan
≥ 70 %	Dilakukan penelitian dan perubahan secepatnya

Nama Pengamat : Putu Donny Angga G.	Proses :	Nama Pekerja : Dyah Esti	Proses :
<p>KUESIONER PENGAMAT</p> <p>Punggung</p> <p>A. Ketika melakukan pekerjaan, apakah punggung (pilih situasi terburuk)</p> <p>A1. Hampir netral A2. Agak memutar atau membungkuk A3. Terlalu memutar atau membungkuk</p> <p>B. Pilih satu dari 2 pilihan pekerjaan</p> <p>APAKAH Untuk pekerjaan dengan duduk atau berdiri secara statis. Apakah punggung berada dalam posisi statis dalam waktu yang lama ?</p> <p>B1. Tidak B2. Ya</p> <p>ATAU Untuk pekerjaan mengangkat, mendorong/menarik. Apakah pergerakan pada punggung</p> <p>B3. Jarang (sekitar 3 kali per menit atau kurang) ? B4. Sering (sekitar 8 kali per menit) ? B5. Sangat sering (sekitar 12 kali per menit atau lebih) ?</p> <p>Bahu/Lengan</p> <p>C. Ketika pekerjaan dilakukan, apakah tangan (pilih situasi terburuk)</p> <p>C1. Berada di sekitar pinggang atau lebih rendah ? C2. Berada di sekitar dada ? C3. Berada di sekitar bahu atau lebih tinggi ?</p> <p>D. Apakah pergerakan bahu/lengan</p> <p>D1. Jarang (sementara-sementara) D2. Sering (pergerakan biasa dengan berhenti sesaat/istirahat) D3. Sangat sering (pergerakan yang hampir kontinyu) ?</p> <p>Pergelangan Tangan / Tangan</p> <p>E. Apakah pekerjaan dilakukan dengan (pilih situasi terburuk)</p> <p>E1. Pergelangan tangan yang hampir lurus ? E2. Pergelangan tangan yang tertekuk ?</p> <p>F. Apakah gerakan pekerjaan diulang</p> <p>F1. 10 kali per menit atau kurang ? F2. 11 hingga 20 kali per menit ? F3. Lebih dari 20 kali per menit ?</p> <p>Leher</p> <p>G. Ketika melakukan pekerjaan, apakah leher/kepala tertekuk atau berputar ?</p> <p>G1. Tidak G2. Ya, terkadang G3. Ya, secara terus-menerus</p>		<p>KUESIONER OPERATOR</p> <p>H. Apakah berat maksimum yang diangkat secara manual oleh anda pada pekerjaan ini ?</p> <p>H1. Ringan (sekitar 5 kg atau kurang) H2. Cukup berat (6 hingga 10 kg) H3. Berat (11 hingga 20 kg) H4. Sangat Berat (lebih dari 20 kg)</p> <p>I. Berapa lama rata-rata anda untuk menyelesaikan pekerjaan dalam sehari ?</p> <p>I1. Kurang dari 2 jam I2. 2 hingga 4 jam I3. Lebih dari 4 jam</p> <p>J. Ketika melakukan pekerjaan ini, berapa tingkat kekuatan yang digunakan oleh satu tangan ?</p> <p>J1. Rendah (kurang dari 1 kg) J2. Sedang (1 hingga 4 kg) J3. Tinggi (Lebih dari 4 kg)</p> <p>K. Apakah pekerjaan ini memerlukan penglihatan yang</p> <p>K1. Rendah (hampir tidak memerlukan untuk melihat secara detail) K2. Tinggi (memerlukan untuk melihat secara detail)</p> <p>L. Ketika bekerja apakah anda menggunakan kendaraan selama</p> <p>L1. Kurang dari 1 jam per hari atau tidak pernah ? L2. Antara 1 hingga 4 jam per hari ? L3. Lebih dari 4 jam per hari ?</p> <p>M. Ketika bekerja apakah anda menggunakan alat yang menghasilkan getaran selama</p> <p>M1. Kurang dari 1 jam per hari atau tidak pernah ? M2. Antara 1 hingga 4 jam per hari ? M3. Lebih dari 4 jam per hari ?</p> <p>N. Apakah anda mengalami kesulitan pada pekerjaan ini ?</p> <p>N1. Tidak pernah N2. Terkadang N3. Sering</p> <p>O. Pada umumnya, bagaimana anda menjalani pekerjaan ini</p> <p>O1. Sama sekali tidak stress O2. Cukup Stress O3. Stress O4. Sangat stress</p>	

Gambar 2.7 Kuesioner QEC untuk Peneliti dan Operator

Tabel 2.5 Lembar QEC

Exposure Score				Nama Pekerja: Dyah Esti				Proses : Pemotongan Pola								
Punggung				Bahu/Lengan				Pergelangan Tangan				Leher				
Posisi Punggung (A) & Beban (H)				Finggi (C) & Beban (H)				Gerakan Berulang (F) & Kekuatan (J)				Posisi Leher (G) & Durasi (I)				
	A1	A2	A3		C1	C2	C3		F1	F2	F3		G1	G2	G3	
H1	2	4	6	H1	2	4	6	J1	2	4	6	I1	2	4	6	
H2	4	6	8	H2	4	6	8	H2	4	6	8	I2	4	6	8	
H3	6	8	10	H3	6	8	10	H3	6	8	10	I3	6	8	10	
H4	8	10	12	H4	8	10	12	H4	8	10	12					
Score 1				Score 1				Score 1				Score 1				
Posisi Punggung (A) Durasi (I)				Finggi (C) & Durasi (I)				Gerakan Berulang (F) & Durasi (I)				Kebutuhan Visual (K) & Durasi (I)				
	A1	A2	A3		C1	C2	C3		F1	F2	F3		K1	K2	K3	
I1	2	4	6	I1	2	4	6	I1	2	4	6	I1	2	4	6	
I2	4	6	8	I2	4	6	8	I2	4	6	8	I2	4	6	8	
I3	6	8	10	I3	6	8	10	I3	6	8	10	I3	6	8	10	
Score 2				Score 2				Score 2				Score 2				
Durasi (I) & Beban (H)				Durasi (I) & Beban (H)				Durasi (I) & Kekuatan (J)				Total Skor Leher = Total Skor 1 dan 2				
	I1	I2	I3		I1	I2	I3		J1	J2	J3					
H1	2	4	6	H1	2	4	6	J1	2	4	6	6				
H2	4	6	8	H2	4	6	8	H2	4	6	8					
H3	6	8	10	H3	6	8	10	H3	6	8	10					
H4	8	10	12	H4	8	10	12	H4	8	10	12					
Score 3				Score 3				Score 3								
Untuk pekerjaan Statis gunakan scoring 4				Frekuensi (D) & Beban (H)				Posisi Pergelangan Tangan (E) & Kekuatan (J)				Mengemudi				
Untuk pekerjaan manual handling gunakan scoring 5 dan 6					D1	D2	D3		E1	E2						
Posisi Statis (B) & Durasi (I)				H1	2	4	6	J1	2	4						
	B1	B2					J2	4	6							
I1	2	4					J3	6	8							
I2	4	6									Total Mengemudi = 1					
I3	6	8														
Score 4				Score 4				Score 4								
Frekuensi (B) & Beban (H)				Frekuensi (D) & Durasi (I)				Posisi Pergelangan Tangan (E) & Durasi (I)				Getaran				
	B3	B4	B5		D1	D2	D3		E1	E2						
H1	2	4	6	I1	2	4	6	I1	2	4						
H2	4	6	8	I2	4	6	8	I2	4	6						
H3	6	8	10	I3	6	8	10	I3	6	8						
H4	8	10	12	Score 5				Score 5				Total Getaran = 1				
Score 5				Score 5				Score 5								
Frekuensi (B) & Durasi (I)				Total Skor Bahu/Lengan = Total skor 1 sampai 5				Total Skor Pergelangan Tangan = Total skor 1 sampai 5				Kecepatan Bekerja				
	B3	B4	B5	22				10					N1	N2	N3	
I1	2	4	6									Total Kecepatan Bekerja = 1				
I2	4	6	8													
I3	6	8	10													
Score 6																
Total Skor Punggung = Total skor 1 sampai 4 atau total skor 1 sampai 3 ditambah skor 5 dan 6												Stress				
18													O1	O2	O3	O4
												Total Stress = 1				

2.2.6. Biomekanika

Occupational biomechanics adalah suatu disiplin ilmu dari interaksi fisik para pekerja dengan alat bantu kerja (*tools*), mesin-mesin, dan material-material dengan meminimasi dari risiko cedera (*musculoskeletal disorders*) yang dialami oleh pekerja (Chaffin, Andersson, & Martin, 1999). Menurut (Frankel & Nordin, 1999) biomekanika adalah suatu ilmu yang menggunakan hukum fisika-fisika dan konsep teknik untuk mendeskripsikan gerakan dengan berbagai bagian tubuh dan gaya dari bagian tubuh selama aktivitas dalam bekerja.

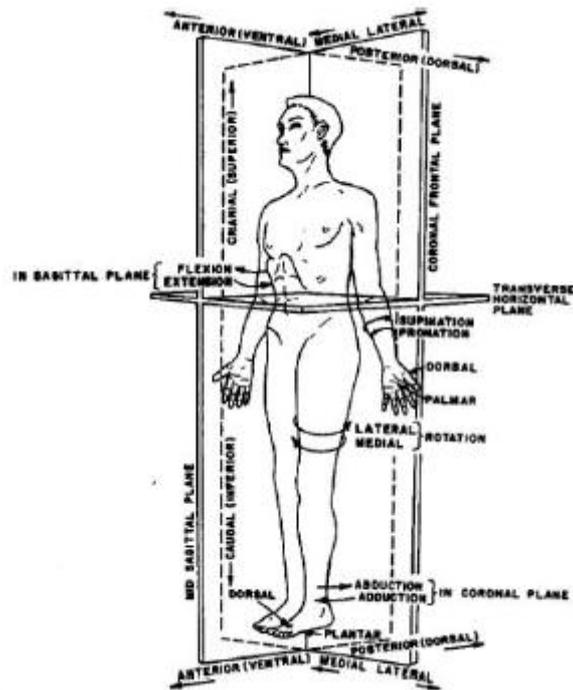
Menurut (Wignjosoebroto, 2008) dalam jurnal (Mas'idah, Fatmawati, & Ajibta) mengatakan bahwa kelelahan kerja yang terjadi akibat dari aktivitas yang berulang-ulang (*repetitive lifting*) akan meningkatkan risiko rasa nyeri pada tulang belakang (*back injuries*), *repetitive lifting* dapat menyebabkan *Cumulative Trauma Injuries* atau *Repetitive Strain Injuries*.

2.2.7. Free Body Diagram

Free body diagram adalah suatu diagram untuk menggambarkan tubuh yang berisi tentang gaya, jarak, dan beban yang dialami oleh bagian-bagian tubuh. *Free body diagram* membantu untuk menganalisis berapa gaya dan torsi maksimum yang dialami oleh suatu bagian tubuh. Analisis ini dapat digunakan untuk membantu dalam memperbaiki dari postur kerja yang baik. Menurut (Phillips, 2000) prosedur umum untuk menganalisis gaya dan momen dari *free body diagram* adalah sebagai berikut :

- a. Gambarkan *free body diagram* dari elemen-elemen sistem dan diindikasikan gaya-gaya yang eksternal yang tidak diketahui.
- b. Tetapkan sumbu x dan y dan menunjukkan secara langsung untuk gerakan translasi dan rotasi
- c. Untuk setiap *free body diagram*, gunakan kondisi yang dibutuhkan untuk translasi dan rotasi dan susun persamaan sesuai dengan hukum Newton.
- d. Selesaikan persamaan tersebut secara simultan untuk menghitung dari parameter yang dicari.

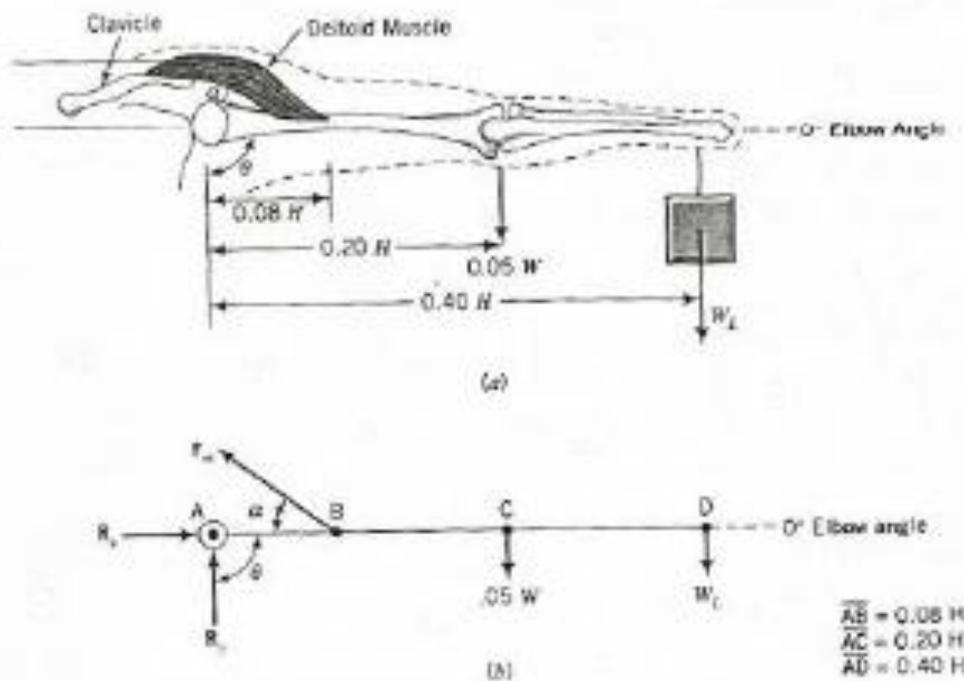
Menurut buku yang ditulis oleh (Chaffin, Andersson, & Martin, 1999), bidang tubuh manusia adalah sebagai berikut :



Gambar 2.8 Bidang Tubuh Manusia

a. Free Body Diagram Lengan

Menurut buku yang ditulis oleh (Phillips, 2000) digambarkan yaitu *free body diagram* untuk bagian lengan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 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

α (sudut yang dibentuk otot deltoid)

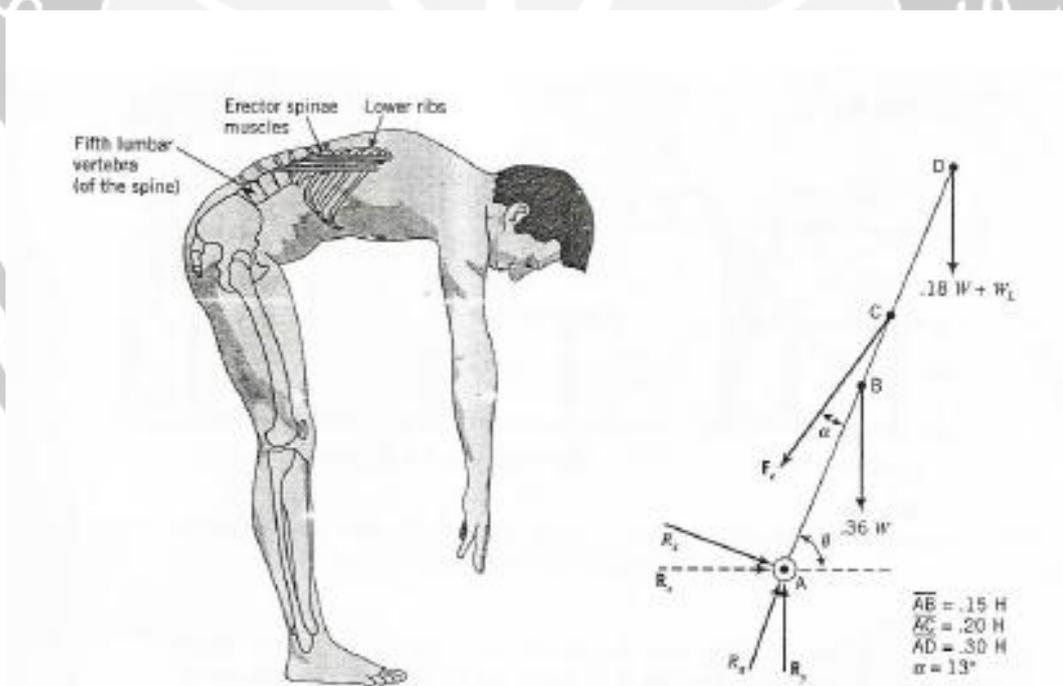
FM (gaya di otot deltoid)

RX (reaksi gaya horizontal)

RY (reaksi gaya vertikal)

b. Free Body Diagram Punggung

Menurut buku yang ditulis oleh (Phillips, 2000) digambarkan yaitu *free body diagram* untuk bagian punggung adalah sebagai berikut :



Gambar 2.10 Free Body Diagram Punggung

Keterangan :

F_e = gaya otot pada tulang belakang di titik C

W = berat pekerja yang diamati

WL = berat beban yang dibawa pekerja

Rx = reaksi gaya horizontal pada sendi

Ry = 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

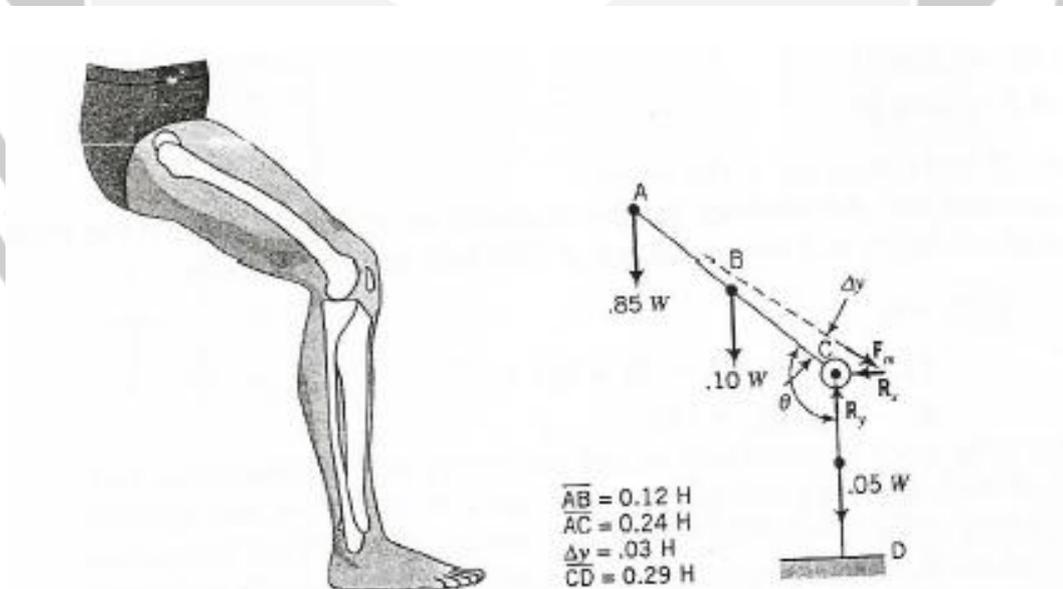
\overline{AB} (panjang segmen A ke B) = 0,15 H

\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 buku yang ditulis oleh (Phillips, 2000) digambarkan yaitu *free body diagram* untuk bagian kaki adalah sebagai berikut :



Gambar 2.11 Free Body Diagram Kaki

Keterangan :

F_m = gaya otot quadriceps

W = berat pekerja yang diamati

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

W_B (berat segmen paha) = 0,1 W

W_E (berat segmen betis) = 0,05 W

C = lutut kaki

D = telapak kaki

R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya horizontal vertikal pada sendi

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

Θ = sudut yang dibentuk antara paha dan kaki

H = tinggi tubuh pekerja yang diamati

\overline{AB} (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

2.2.8. Gaya dan Momen Gaya

Gaya adalah suatu besaran yang mengakibatkan benda bergerak (Giancoli, 2009). Gaya yaitu besaran vektor, sehingga gaya memiliki arah ketika sedang bereaksi. Salah satu contoh dari penerapan gaya adalah gaya dorong. Benda yang didorong tersebut menghasilkan gerakan, dan gerakan tersebut berpindah dari satu titik ke titik lain dan memiliki arah.

Berbicara mengenai gaya, tidak luput dari tiga hukum Newton. Hukum-hukum Newton adalah sebagai berikut :

a. Hukum Newton 1

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

b. Hukum Newton 2

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

Keterangan :

F = Gaya (Newton)

m = Massa (kg)

a = Percepatan/gravitasi (9,8 m/s^2)

c. Hukum Newton 3

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

Momen gaya adalah perkalian dari gaya dikali dengan jarak. Momen gaya merupakan besaran yang menyebabkan benda berotasi (Rotasional)

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

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

Keterangan :

t = Torsi

F = Gaya (Newton)

d = Jarak (m)

M = Momen gaya

