

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

2.1.1. Permasalahan Postur Kerja di Berbagai Jenis Industri

Perbaikan untuk mengatasi keluhan akibat postur kerja telah banyak dilakukan di berbagai jenis industri. Wignjosoebroto dkk (2006) melakukan perbaikan berupa meja dan kursi kerja pada departemen mesin bubut di industri logam. Perbaikan dilakukan untuk mendapatkan stasiun kerja yang ergonomis dan aman untuk mengurangi masalah *back injury* dan tingkat kecelakaan kerja. Di industri logam lainnya, Tuhumena dkk (2014) melakukan perbaikan berupa *jig and fixture* pada bagian pengelasan. Perbaikan dilakukan untuk mengatasi ketidaknyamanan yang dirasakan pekerja akibat postur kerja pekerja yang kurang ergonomis. Helianty dkk (2009) melakukan perbaikan meja kerja serut di industri karoseri. Perbaikan yang dilakukan menghasilkan sikap kerja pekerja yang lebih ergonomis sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya cedera. Rinawati dan Wisnu (2011) melakukan perbaikan berupa penambahan konveyor, kursi dan, alas kerja pada stasiun kerja *Fine Focus Adjustment* di industri elektronik. Perbaikan dilakukan untuk mengatasi keluhan pegal dan nyeri pada bahu pekerja. Kristanto dan Sugiantoro (2012) melakukan perbaikan mesin amplas kayu di industri kerajinan kayu. Perbaikan dilakukan untuk mengatasi proses pengerjaan yang memakan waktu cukup lama akibat posisi kerja yang tidak nyaman.

2.1.2. Usaha Mengatasi Risiko Cedera Akibat Kerja di Industri

Ada berbagai jenis usaha yang dapat digunakan untuk mengatasi keluhan akibat postur kerja. Tuhumena dkk (2014) menggunakan kuesioner Nordic Body Map di awal penelitian untuk mengetahui keluhan nyeri yang dialami pekerja.

Kushwaha dan Kane (2015) melakukan penelitian mengenai penilaian ergonomi dan perancangan stasiun kerja ergonomi pada kabin alat *shipping crane* industri baja di Negara India. Beberapa industri India telah mengambil inisiatif untuk merancang ulang tempat kerja mereka untuk mengatasi berbagai gangguan muskuloskeletal (MSD) dan cedera yang berhubungan dengan pekerjaan. Penelitian dilakukan pada pabrik baja terpadu yang terletak di pusat India di mana sebagian besar dari pekerja crane terus-menerus menderita nyeri otot di bagian tubuh yang berbeda. Risiko MSD diidentifikasi oleh kuesioner rinci dari 27 pekerja

crane. Studi ini menunjukkan bahwa intervensi ergonomi di tempat kerja mengurangi ketidakcocokan antara manusia dan mesin dan membuat tempat kerja nyaman untuk bekerja. Ergonomi memainkan peran penting untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas di tempat kerja dalam dua dekade terakhir ini.

Mirka (2005) melakukan kajian ergonomi untuk Industri mebel di Amerika. *American Furniture Manufacturers Association* telah mengambil inisiatif untuk mengembangkan pedoman bagi para anggotanya dengan mengeluarkan dokumen yang dinamakan *AFMA Voluntary Ergonomics Guideline for the Furniture Manufacturing Industry*. Dokumen ini berisikan informasi dasar mengenai ergonomi bagi industri yang berkaitan dengan produk *furniture*. Panduan ergonomi ini dianggap penting karena banyak perusahaan dalam pembuatan *furniture* di Amerika telah menyadari pentingnya ergonomi dan dampak positif yang bisa diperoleh. Sifat produk yang diproduksi di sebagian besar perusahaan memiliki fasilitas mesin dan sering membutuhkan banyak pekerjaan manual (pengamplasan, menggosok, stapel, dan penyemprotan). Berdasarkan tuntutan fisik yang cukup banyak, industri di bidang *furniture* membutuhkan penerapan ergonomi untuk operasi mereka. Sejumlah perusahaan *furniture* mampu menunjukkan penurunan yang signifikan pada biaya kompensasi pekerja dan meningkatkan produktivitas dengan penerapan ergonomi dan berharap untuk membuat industri *furniture* lainnya untuk dapat mengalami manfaat yang sama.

Battini dkk (2011) melakukan penelitian mengenai aspek ergonomi dalam sistem perakitan dan mengembangkan kerangka teori baru untuk menilai pendekatan *concurrent engineering*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk memberikan para profesional dengan pendekatan baru dan terperinci untuk prosedur perancangan sistem perakitan dengan pendekatan ergonomi. Penelitian ini memberikan kerangka metodologis yang sangat berharga untuk perusahaan yang mempertimbangkan hubungan antara perakitan dan ergonomi. Metodologi yang dibuat menggaris bawahi kebutuhan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan sistem perakitan dan konfigurasi tata letak dalam kaitannya dengan variabel yang digunakan dalam kerangka metodologis yang dibuat. Kerangka metodologis yang ditawarkan berupa perhitungan *technological variables* (berkaitan dengan waktu kerja dan metode), *environmental variables* (sebagai contoh *absenteeism*, *staff turnover*, *work force motivation*) dan evaluasi ergonomi (sebagai contoh *human diversity*) untuk membuat analisis yang komprehensif.

Yeow dan Sen (2006) melakukan penelitian mengenai peningkatan produktivitas, perbaikan kualitas, peningkatan pendapatan, dan pengurangan *rejection cost* melalui penerapan ergonomi di lini produksi industri elektronik di Malaysia. Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah penilaian subjektif (melalui kuesioner), observasi langsung, dan melalui arsip. Percobaan dilakukan pada lini produksi dan ditemukan beberapa masalah yang teridentifikasi, yaitu, lamanya mencari bahan dari tempat penyimpanan, komponen yang tidak produktif, penghalang selama melakukan perakitan, dan komponen jatuh. Pengembangan dilakukan untuk memperbaiki masalah, yaitu dengan cara memiliki satu pusat penyimpanan untuk menghilangkan kebingungan dari pencarian bahan, penggunaan timbangan untuk menghitung komponen, memodifikasi urutan MCI, pengaturan *bin* untuk menghindari penghalang, dan menggunakan conveyor langsung untuk mengurangi penanganan. Akibatnya, terjadi peningkatan dalam produktivitas dan pendapatan tahunan (US \$ 4.223.736) dan pengurangan cacat dan biaya penolakan tahunan (US \$ 956.136).

Zare dkk (2015) melakukan evaluasi pendekatan ergonomis dan gangguan muskuloskeletal di dua organisasi yang berbeda dalam pabrik perakitan truk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai paparan fisik ergonomis, organisasi dan faktor psikososial di pabrik perakitan truk untuk dua kali siklus yang berbeda (11 menit dan 8 menit). Kuesioner diaplikasikan untuk mengevaluasi paparan fisik subjektif, organisasi dan faktor psikososial pada pekerja di dua proses perakitan. Waktu siklus awal adalah 11 menit (sistem A) dan 8 menit untuk sistem B. Pekerjaan yang sama harus diselesaikan di kedua sistem. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa estimasi subjektif oleh pekerja mengenai faktor risiko ergonomi lebih baik di organisasi baru dan gejala WR-MSDS yang lebih sedikit. Paparan faktor risiko dan gejala WR-MSDS secara statistik tidak berbeda antara dua kali siklus. Temuan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang cara perubahan organisasi dapat memodifikasi paparan ergonomis di industri perakitan manufaktur. Intervensi yang efektif tidak hanya solusi teknik tetapi juga adaptasi organisasi dan administrasi.

2.1.3. Analisis Biomekanika dan Postur Kerja di Industri

Beberapa penelitian terdahulu menggunakan analisis biomekanika dan postur kerja yang berkaitan masalah risiko cedera akibat kerja. Penelitian tersebut antara lain dilakukan oleh: Wignjosoebroto dkk (2006), Helianty dkk (2009), Rinawati dan Wisnu (2011), Tuhumena dkk (2014), Hermawan dan Mariawati (2015).

Wignjosoebroto dkk (2006) menggunakan kuesioner Nordic Body Map untuk mengetahui bagian tubuh pekerja mesin bubut yang mengalami keluhan. Analisis biomekanika dilakukan pada bagian tubuh lengan atas, lengan bawah, punggung, paha, dan betis. Perbaikan postur kerja dilakukan dengan cara membuat fasilitas kerja bubut yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera ditunjukkan melalui penurunan gaya yang diterima segmen tubuh dan lingkungan kerja yang lebih ergonomis.

Helianty dkk (2009) melakukan analisis biomekanika pada pekerja serut. Analisis biomekanika dilakukan dengan membandingkan gaya tiap segmen tubuh pekerja serut sebelum dan setelah perbaikan. Perbaikan postur kerja dilakukan dengan cara membuat prototipe fasilitas kerja serut yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera ditunjukkan melalui penurunan gaya yang diterima tulang belakang.

Rinawati dan Wisnu (2011) melakukan analisis biomekanika pada pekerja pekerja *fine focus adjustment*. Analisis biomekanika dilakukan dengan cara membandingkan gaya dan momen antara kondisi sebelum dan setelah diberi alat bantu. Peneliti melakukan simulasi postur kerja pekerja *fine focus adjustment* dengan bantuan *software CATIA*. Penurunan risiko cedera ditunjukkan melalui penurunan beban otot (mV) dan penurunan besar momen (Nm) yang diterima beberapa segmen tubuh.

Tuhumena dkk (2014) menggunakan kuesioner Nordic Body Map untuk mengetahui bagian tubuh pekerja las yang mengalami keluhan. Penilaian postur kerja pekerja pengelasan dilakukan dengan Penilaian BRIEF survey. Analisis biomekanika dilakukan dengan bantuan *software Mannequin Pro*. Perbaikan postur kerja pekerja las dilakukan dengan cara membuat fasilitas kerja las yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera ditunjukkan melalui penurunan besar momen (Nm) yang diterima tulang belakang.

Hermawan dan Mariawati (2015) melakukan penelitian di stasiun kerja *Truss And Roof*. Perbaikan postur kerja dilakukan dengan cara membuat prototipe fasilitas kerja pengangan material yang lebih ergonomis. Penurunan risiko cedera

ditunjukkan melalui penurunan gaya tekan pada tulang belakang dan penurunan skor RULA.

2.1.4. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di sebuah industri kerajinan pembuatan *handicraft* di UD. Kelapa Budaya Klaten. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis biomekanika dan postur kerja untuk mengurangi risiko cedera pada pekerja mesin *table saw* di UD. Kelapa Budaya.

Tools yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Nordic Body Map*, Biomekanika, REBA, dan analisis waktu proses. Rencana perbaikan yang akan dilakukan berupa perbaikan fasilitas/alat kerja mesin *table saw*. *Software* yang digunakan untuk melakukan perbaikan fasilitas adalah Autocad 2015 dan Catia V5R20.

Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Berkaitan Analisis Biomekanika dan Postur Kerja Terdahulu dengan Sekarang

Penelitian	Obyek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Perbaikan yang dilakukan
Wignjosoebroto dkk (2006),	Pekerja mesin bubut	NBM, <i>energy expenditure</i> , biomekanika, anthropometri, k3	Rancangan meja kursi Pekerja mesin bubut
Helianty dkk (2009),	Pekerja mesin serut	NBM, biomekanika, anthropometri	Rancangan meja kerja serut
Rinawati dan Wisnu (2011),	Pekerja <i>fine focus adjustment</i>	Anthropometri, biomekanika, EMG	Rancangan meja putar dan kursi
Tuhumena dkk (2014),	Pekerja las	NBM, anthropometri, biomekanika (<i>Software Mannequin Pro</i>)	Rancangan <i>Jig And Fixture</i>
Hermawan dan Mariawati (2015).	Pekerja <i>Truss And Roof</i>	RULA, anthropometri, biomekanika	Rancangan rak
Penyusun (2016)	Pekerja mesin <i>table saw</i>	NBM, REBA, waktu proses, biomekanika	Rancangan <i>fence</i> dan pendorong kayu

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Ergonomi

Ergonomi adalah disiplin ilmu yang bersangkutan dengan interaksi antara manusia dan elemen lainnya dari sistem, dan profesi yang menerapkan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang kesejahteraan manusia yang optimal dan performansi sistem secara keseluruhan (*International Ergonomic Association*, 2000).

Menurut Sutalaksana (2006) ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi- informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif aman dan nyaman. Menurut Wignjosoebroto dkk (2006) penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) ataupun rancang ulang (re-desain).

2.2.2. Postur Kerja

Diperlukan pertimbangan-pertimbangan ergonomis agar sikap dan posisi kerja menjadi nyaman. Pertimbangan ergonomi yang bisa dilakukan menurut Wignjosoebroto dkk (2010) antara lain:

- a. Mengurangi keharusan pekerja untuk bekerja dengan sikap dan posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau jangka waktu lama. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan stasiun kerja yang dirancang dengan memperhatikan fasilitas kerja yang sesuai dengan data antropometri.
- b. Pekerja tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum yang bisa dilakukan. Pengaturan posisi kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal. Untuk hal-hal tertentu pekerja harus mampu dan cukup leluasa mengatur tubuhnya agar memperoleh sikap dan posisi kerja yang lebih nyaman.
- c. Pekerja tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada dalam sikap atau posisi miring. Sedapat mungkin menghindari cara kerja yang memaksa pekerja harus bekerja dengan posisi telentang atau tengkurap.

- d. Pekerja tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi diatas level siku yang normal.

2.2.3. Penilaian Ergonomi Postur Kerja

AIHA *Ergonomic Committee* (2003) menyatakan bahwa diperlukan pembiasaan diri dengan unsur-unsur gerakan, dan alat-alat yang digunakan dalam pekerjaan yang diamati sebelum memilih alat penilaian ergonomi. Pengamatan awal secara informal tersebut berguna untuk mendapatkan informasi mengenai faktor risiko ergonomi pada umumnya. Faktor risiko tersebut bisa berupa postur canggung, gerakan dengan beban, dan gerakan berulang-ulang. Berat dari alat yang dipakai selama tugas juga perlu diamati ketika melakukan pengamatan awal.

Ketika memilih alat penilaian ergonomi, hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah faktor-faktor risiko yang ditemukan dalam penilaian informal, daerah tubuh yang digunakan untuk tugas, durasi tugas, dan jenis hasil yang dibutuhkan (kualitatif vs kuantitatif).

Rapid Entire Body Assessment (REBA) merupakan alat penilaian ergonomi yang bertujuan untuk menganalisis postural kerja terhadap risiko muskuloskeletal di berbagai pekerjaan berdasarkan peringkat segmen tubuh tertentu dalam bidang gerakan tertentu, menggunakan sistem penilaian untuk aktivitas otot termasuk statis, dinamis, cepat berubah atau postur tidak stabil, dan menyediakan keputusan tindakan.

REBA dikembangkan oleh S. Hignett and L. McAtammey pada tahun 2000. Aspek risiko *Musculoskeletal Disorder* yang dikaji berupa postur tidak wajar, beban, dan *coupling*. Bagian tubuh yang dikaji berupa batang tubuh, leher, tungkai kaki, lutut, lengan atas dan bawah, dan pergelangan tangan. REBA pada umumnya dipakai untuk menganalisis pekerjaan dengan rentang frekuensi tertentu, melibatkan beberapa bagian tubuh, berdiri maupun duduk.

2.2.4. Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSD)

Scott dkk (2009) berpendapat bahwa sistem muskuloskeletal adalah sistem tubuh yang terdiri dari sistem tulang, otot dan jaringan ikat (tendon, ligamen, fasia, tulang rawan) yang mendukung dan melindungi organ tubuh manusia, dan merupakan dasar dari semua gerak.

Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSD) adalah berbagai kondisi yang ditandai dengan rasa tidak nyaman atau rasa sakit dan / atau disfungsi pada sendi, otot, tendon atau jaringan lunak tubuh lainnya yang timbul dari, atau berhubungan dengan kerja. Rasa sakit paling umum dari WMSD biasanya berhubungan dengan penanganan beban secara manual; postur canggung atau statis; atau yang timbul dari getaran. Gangguan leher, bahu, lengan dan tangan dapat disebut sebagai *repetition strain injury* (RSI) atau *cumulative trauma disorder* (CTD). Faktor umum penyebab WMSD menurut Jäger (2003) ditunjukkan melalui tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Faktor Umum Penyebab Work Related Musculoskeletal Disorders

<i>Factor</i>	<i>Possible result or consequence</i>	<i>Example</i>	<i>Good practice example or solution</i>
<i>Exertion of high-intensity forces</i>	<i>Acute overloading of the tissues</i>	<i>Lifting, carrying, pushing, pulling heavy objects</i>	<i>Avoid manual handling of heavy objects</i>
<i>Handling heavy loads over long periods of time</i>	<i>Degenerative diseases especially of the lumbar spine</i>	<i>Manual materials-handling</i>	<i>Reduce mass of objects or number of handlings per day</i>
<i>Frequently repeated manipulation of objects</i>	<i>Fatigue and overload of muscular structures</i>	<i>Assembly work long time typing, check-out work</i>	<i>Reduce repetition frequency</i>
<i>Working in unfavourable posture</i>	<i>Overload of skeletal and muscular elements</i>	<i>Working with heavily bent or twisted trunk, or hands and arms above shoulders</i>	<i>Working with an upright trunk and the arms close to the body</i>
<i>Static muscular load</i>	<i>Long-lasting muscular activity and possible overload</i>	<i>Working overhead, working in a confined space</i>	<i>Repeated change between activation and relaxation of muscles</i>
<i>Muscular inactivity</i>	<i>Loss of functional capacity of muscles, tendons and bones</i>	<i>Long-term sitting with low muscular demands</i>	<i>Repeated standing up, stretching of muscles, remedial gymnastics, sports activities</i>
<i>Monotonous repetitive manipulations</i>	<i>Unspecific complaints in the upper extremities (RSI)</i>	<i>Repeated activation of the same muscles without relaxation</i>	<i>Repeated interruption of activity and pauses alternating tasks</i>
<i>Application of vibration</i>	<i>Dysfunction of nerves reduced blood flow, degenerative disorders</i>	<i>Use of vibrating hand-tools, sitting on vibrating vehicles</i>	<i>Use of vibration-attenuating tools and seats</i>
<i>Physical environmental factors</i>	<i>Interaction with mechanical load and aggravation of risks</i>	<i>Use of hand-held tools at low temperatures</i>	<i>Use gloves and heated tools at low temperatures</i>
<i>Psychosocial factors</i>	<i>Augmentation of physical strain, increase in absence from work</i>	<i>High time pressure, low job decision latitude, low social support</i>	<i>Job rotation, job enrichment, reduction of negative social factors</i>

2.2.5. Nordic Body Map

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

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

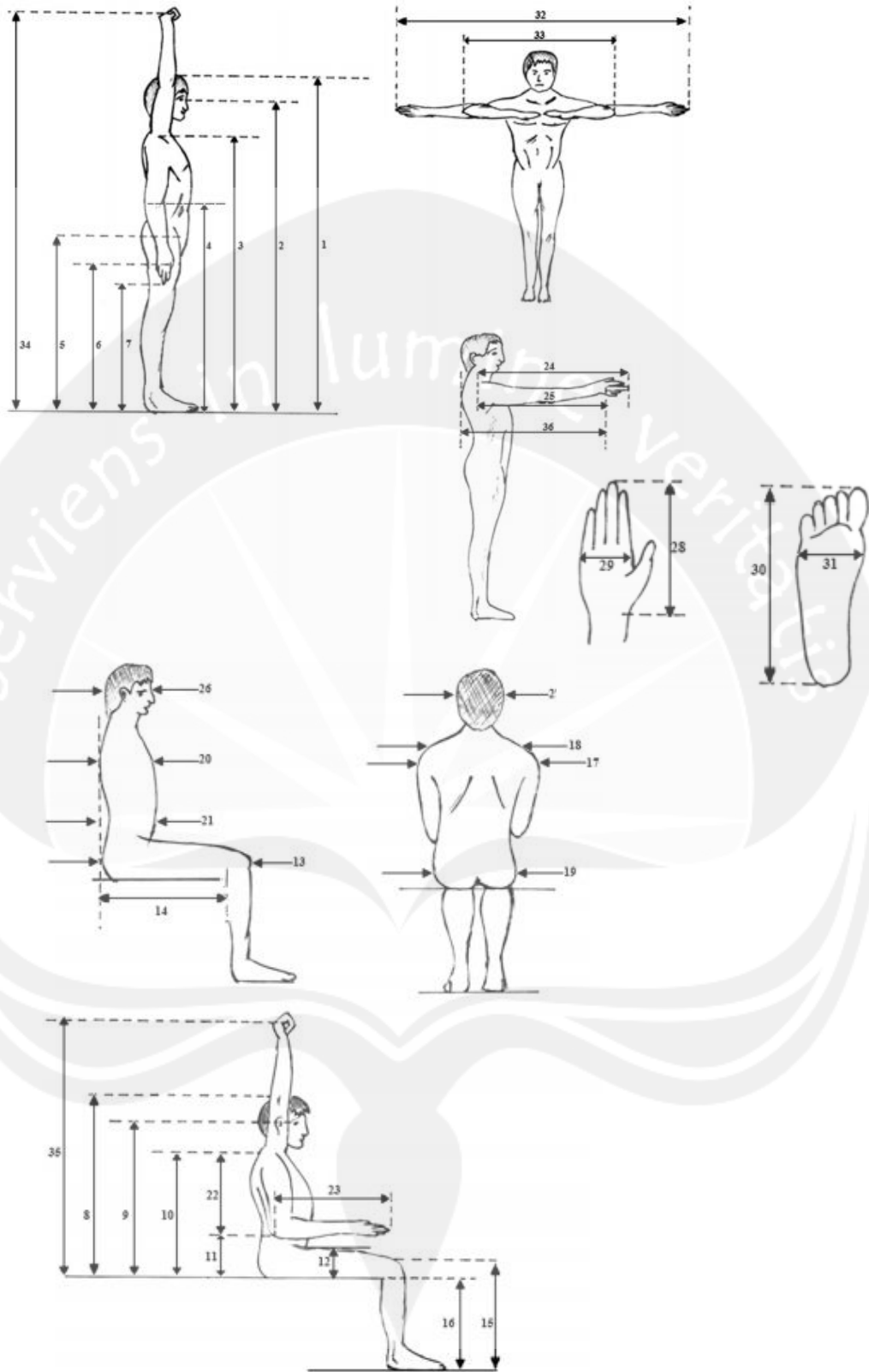
2.2.6. Anthropometri

Anthropometri adalah dimensi tubuh manusia dan bagaimana dimensi tersebut diukur. Hal ini mencakup ukuran dan proporsi tubuh manusia, panjang dari berbagai anggota badan, kepala dan batang tubuh. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran berat yang berbeda satu dengan yang lainnya. Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia.

Chuan dkk (2010) melakukan penelitian mengenai anthropometri populasi Indonesia. Data anthropometri penduduk Indonesia dengan sample 245 pria dan 132 wanita yang berumur 18-45 tahun menurut Chuan dkk (2010) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Data Anthropometri Populasi Indonesia

<i>Dimension (centimeter)</i>		<i>Male citizens</i>			
		5th	50th	95th	SD
1.	<i>Stature</i>	162	172	183	6.23
2.	<i>Eye height</i>	151	160	172	6.3
3.	<i>Shoulder height</i>	134	143	155	6.41
4.	<i>Elbow height</i>	99	107	114	5.12
5.	<i>Hip height</i>	83	95	105	6.76
6.	<i>Knuckle height</i>	68	75	82	4.75
7.	<i>Fingertip height</i>	58	64	71	4.82
8.	<i>Sitting height</i>	80	89	96	5.24
9.	<i>Sitting eye height</i>	69	76	84	4.58
10.	<i>Sitting shoulder height</i>	52	59	67	6.27
11.	<i>Sitting elbow height</i>	19	24	30	4.74
12.	<i>Thigh thickness</i>	12	16	22	3.59
13.	<i>Buttock-knee length</i>	48	56	64	4.89
14.	<i>Buttock-popliteal length</i>	40	46	54	4.82
15.	<i>Knee height</i>	46	54	62	5.21
16.	<i>Popliteal height</i>	38	44	49	3.78
17.	<i>Shoulder breadth (bideltoid)</i>	36	45	52	4.66
18.	<i>Shoulder breadth (biacromial)</i>	31	37	43	3.61
19.	<i>Hip breadth</i>	28	35	43	4.41
20.	<i>Chest (bust) depth</i>	16	21	27	3.5
21.	<i>Abdominal depth</i>	15	21	29	4.46
22.	<i>Shoulder-elbow length</i>	NA	NA	NA	NA
23.	<i>Elbow-fingertip length</i>	42	47	56	4.55
24.	<i>Upper limb length</i>	68	76	84	6.39
25.	<i>Shoulder-grip length</i>	56	65	73	6.29
26.	<i>Head length</i>	17	20	24	2.21
27.	<i>Head breadth</i>	15	18	22	2.06
28.	<i>Hand length</i>	17	19	22	1.64
29.	<i>Hand breadth</i>	7	9	11	1.09
30.	<i>Foot length</i>	22	25	29	2.58
31.	<i>Foot breadth</i>	8	10	12	3.96
32.	<i>Span</i>	158	172	186	8.5
33.	<i>Elbow span</i>	78	86	96	5.97
34.	<i>Vertical grip reach (standing)</i>	192	206	221	10.54
35.	<i>Vertical grip reach (sitting)</i>	112	122	136	7.9
36.	<i>Forward grip reach</i>	64	73	81	5.89
37.	<i>Body weight (kg)</i>	50	63	89.25	13.19



Gambar 2.1. Dimensi Anthropometri

2.2.7. Biomekanika

Frankel dan Nordin (1980) dalam kutipan Chaffin & Andersson (1999) berpendapat biomekanika adalah ilmu yang menggunakan hukum fisika dan konsep teknik untuk menggambarkan gerak yang dialami berbagai segmen tubuh dan gaya yang bekerja pada bagian tubuh tersebut selama melakukan kegiatan.

Wignjosoebroto dkk (2010) berpendapat biomekanika umum adalah bagian dari biomekanika yang berbicara mengenai hukum-hukum dasar yang mempengaruhi tubuh organik manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak. Biostatik adalah bagian biomekanika umum yang hanya menganalisa bagian tubuh dalam keadaan diam maupun bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam. Biodinamik adalah bagian biomekanika umum yang berkaitan dengan gerakan-gerakan tubuh tanpa mempertimbangkan gaya yang terjadi dan gaya yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh. *Occupational biomechanics* didefinisikan sebagai bagian dari mekanik terapan yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material, dan peralatan dengan tujuan untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktivitas kerja dapat meningkat

2.2.8. Gaya dan Momen

Gaya didefinisikan sebagai aksi suatu benda terhadap benda lainnya. Gaya merupakan besaran vektor, karena akibat yang ditimbulkannya bergantung pada arah selain hukum jajaran genjang dari kombinasi vektor.

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

Keterangan

F = Gaya (Newton)

M = Massa beban (Kg)

a = Percepatan (m/s^2)

Keseimbangan Translasional

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

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

Keseimbangan Rotasional

Momen gaya adalah hasil kali gaya dan jarak terpendek arah garis kerja terhadap titik tumpu.

$$t = F \cdot d \quad (3.4)$$

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

2.2.9. Model biomekanika

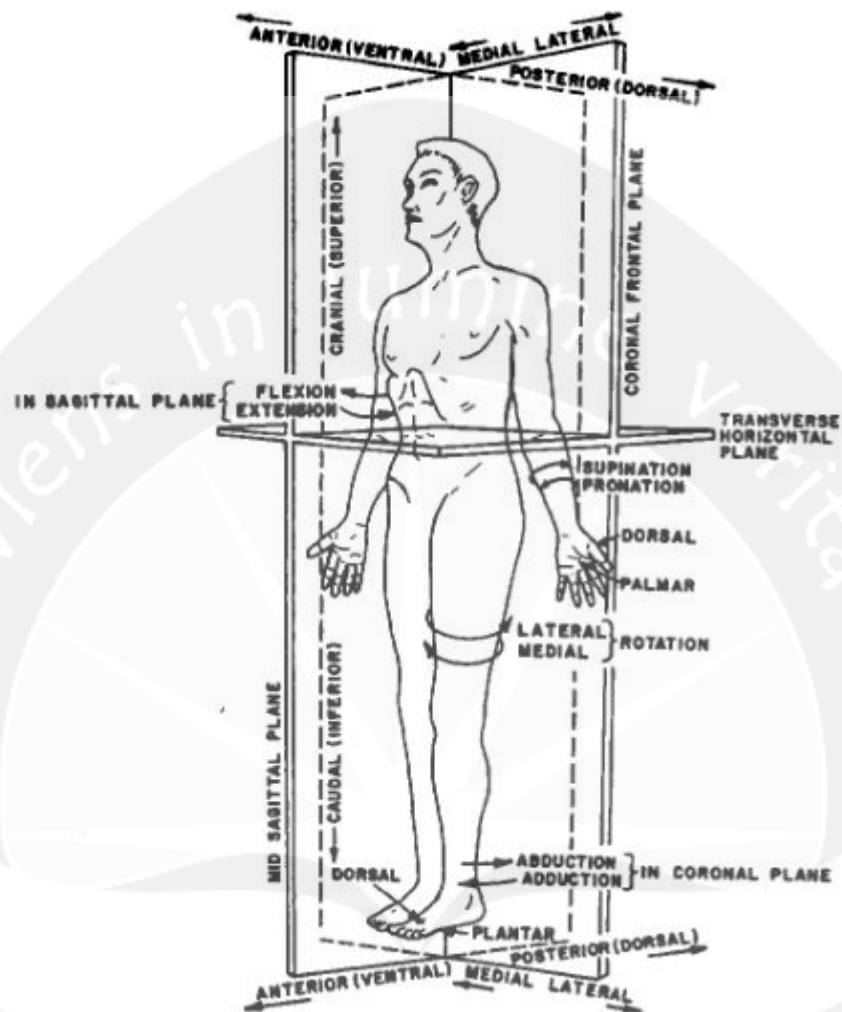
Model biomekanika pada umumnya digambarkan dalam bentuk *free body diagram* (FBD). Free body diagram adalah suatu garis-garis yang menampilkan semua gaya, jarak, berat benda yang bekerja di dalam tubuh. Menurut Philip (2000) *Free body diagram* merupakan langkah penting dalam memecahkan masalah mekanika karena:

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

Prosedur umum analisis biomekanika menurut Philips (2000) adalah sebagai berikut:

1. Membuat *Free Body Diagram* (FBD) dari elemen-elemen sistem dan identifikasi gaya-gaya eksternal yang diketahui besarnya dan yang tidak diketahui besarnya.
2. Tetapkan sumbu x-y dan tentukan arah gerakan translasi dan rotasi.
3. Susun persamaan secara translasi dan rotasi berdasarkan FBD.
4. Selesaikan persamaan secara simultan untuk menghitung parameter-parameter yang tidak diketahui.
5. Pastikan arah, satuan gaya, dan momen dalam perhitungan.

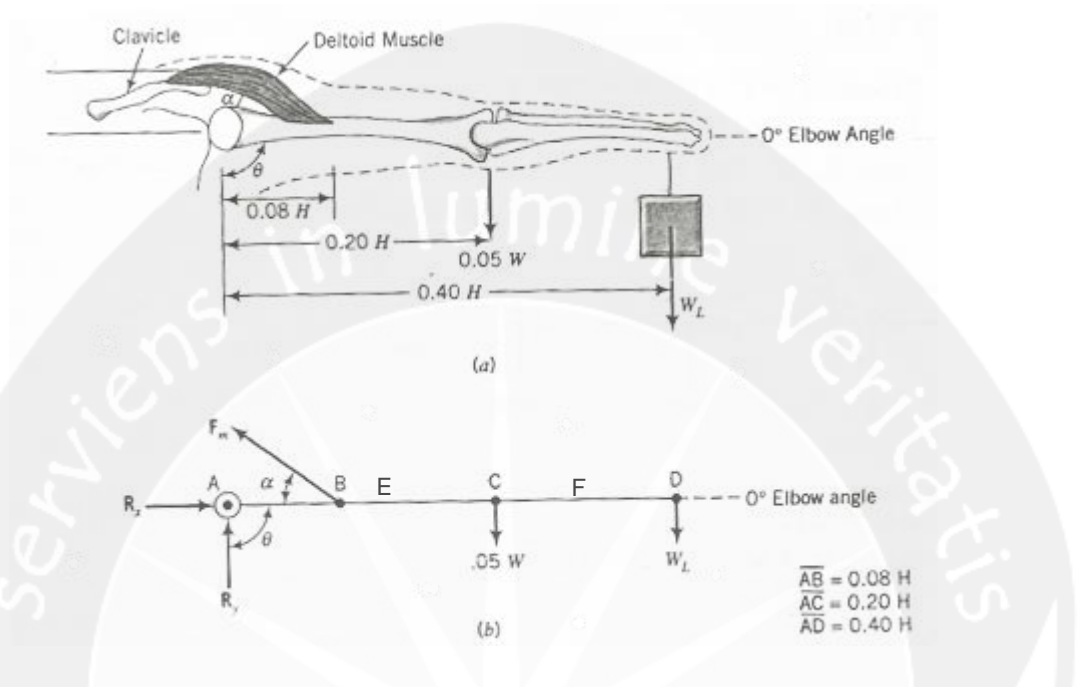
Bidang tubuh manusia berdasarkan Chaffin (1999) adalah seperti pada Gambar 2.2 berikut



Gambar 2.2. Pembagian Bidang Tubuh Manusia

2.2.9.1. Lengan Tangan

Free Body Diagram untuk bagian tubuh lengan tangan menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



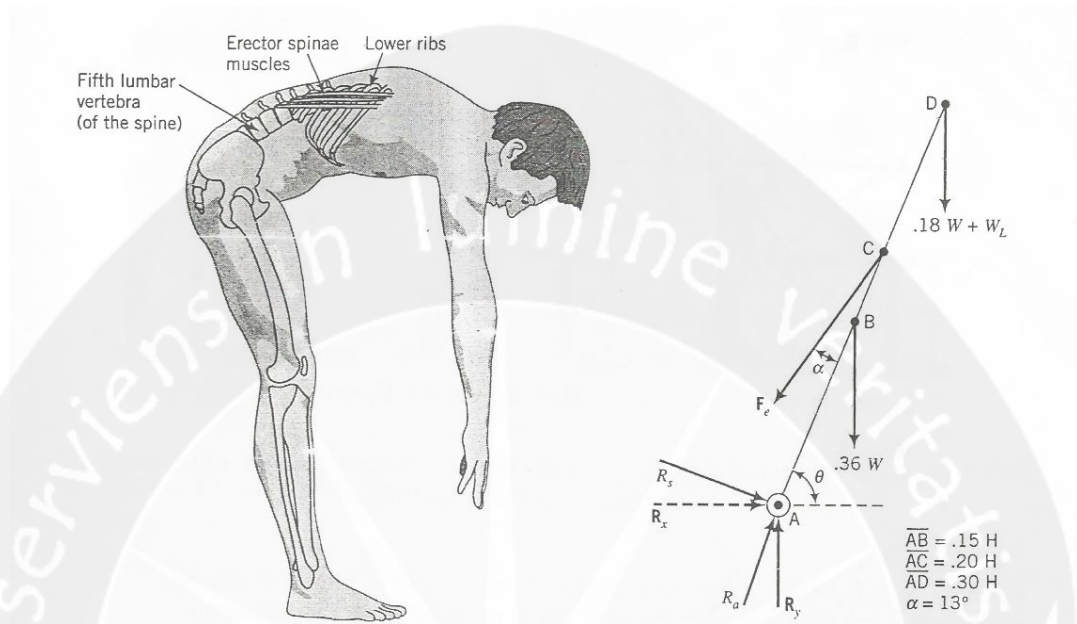
Gambar 2.3. Free Body Diagram Lengan Tangan

Keterangan:

- WC(berat segmen dititik A) = 0.05W
- 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) = 0.085H
- α (sudut yang dibentuk otot deltoid)
- FM (gaya di otot deltoid)
- RX (reaksi gaya horizontal)
- RY (reaksi gaya vertikal)

2.2.9.2. Punggung

Free Body Diagram untuk bagian tubuh punggung menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4. 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

R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya vertikal pada sendi

α = 130 sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot F_e

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

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

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

H = tinggi tubuh pekerja yang diamati

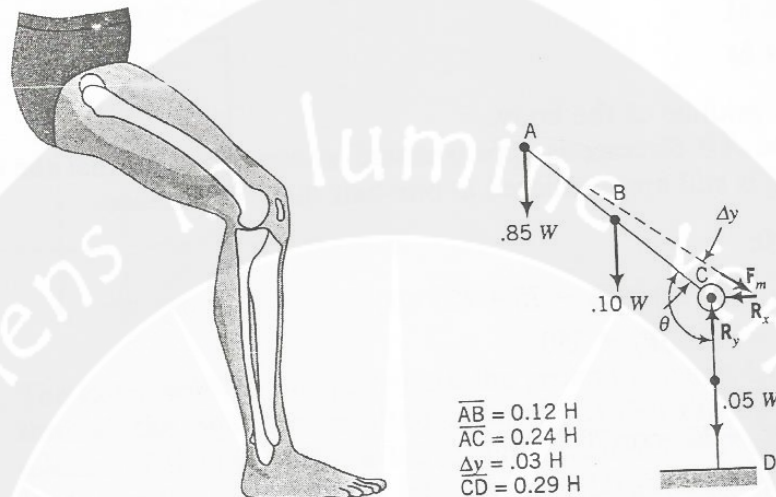
\overline{AB} (jarak antara titik A ke B) = $0,15H$

\overline{AC} (jarak antara titik A ke C) = $0,20H$

\overline{AD} (jarak antara titik A ke D) = $0,30H$

2.2.9.3. Kaki.

Free Body Diagram untuk bagian tubuh kaki menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5. Free Body Diagram Kaki

Keterangan:

F_m = gaya otot quadriceps

W = berat pekerja yang diamati

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

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

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

C = lutut kaki

D = telapak kaki

R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya horizontal vertical pada sendi

Δy = $0,03H$ (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} (jarak antara titik A ke B) = $0,12H$

\overline{AC} (jarak antara titik A ke C) = $0,24H$

\overline{CD} (jarak antara titik C ke D) = $0,29H$