

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1. Permasalahan Postur Kerja dan Usaha Menanggulangi Risiko Cedera Akibat Kerja di Berbagai Jenis Industri

Permasalahan postur kerja banyak terjadi di berbagai jenis industri. Sugiharto, et.al (2013) melakukan analisis mengenai postur kerja dan metode kerja untuk mengurangi kelelahan *musculoskeletal* di PT. XYZ sebuah perusahaan *packaging* di Surabaya. Berdasarkan hasil penelitian mereka, diketahui bahwa secara keseluruhan metode kerja yang diterapkan saat ini berpotensi menimbulkan kelelahan *musculoskeletal*. Hal tersebut disebabkan oleh jam kerja karyawan sekitar 8 jam bahkan lebih bila lembur dan posisi kerja karyawan yang cenderung statis selama melakukan pekerjaan tersebut. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data *Standard Nordic Questionnaire*, diketahui bahwa sebagian besar karyawan mengalami kelelahan *musculoskeletal* pada bagian tubuh leher, bahu kanan, bahu kiri, punggung, dan pinggang. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari *RULA worksheet*, diketahui bahwa postur kerja pada seluruh subproses di bagian *assembling* pembuatan *DK 499 "Lilac" OPQ Silver* masih memerlukan investigasi dan perbaikan lanjut terutama pada bagian *opening* dan *packaging* yang memiliki *final score* dan tingkat risiko yang cukup tinggi. Hal tersebut disebabkan postur tubuh karyawan yang menyebabkan kelelahan *muskuloskeletal* pada stasiun kerjanya. Usaha untuk menanggulangi risiko cedera tersebut adalah dengan melakukan perbaikan yang dapat diaplikasikan pada seluruh stasiun kerja. Perbaikan yang disarankan berupa perancangan kursi *prototype* ergonomis yang sesuai dengan antropometri tubuh karyawan yang digunakan pada seluruh karyawan bagian *assembling*. Kursi yang dirancang dinilai dari berdasarkan kategori antara lain stabilitas, kekuatan, kenyamanan, dan fleksibilitas dengan fokus utama pada tingkat kenyamanan kursi. Selain itu, perbaikan lainnya adalah penataan layout antar *workstation* dan metode pengambilan *compact case* pada *conveyor*.

Anggraini dan Pratama (2012) melakukan analisis postur kerja dengan menggunakan metode *ovako working analysis system* (OWAS) pada stasiun pengepakan bandela karet di PT. Riau Crumb Rubber Factory Pekanbaru. Proses *material handling* atau pemindahan barang di PT. Riau Crumb Rubber Factory

(RICRY) di stasiun kerja pengepakan masih dilakukan secara manual. Operator mengangkat bandela karet seberat 35 kilogram dari meja pembungkusan untuk dipindahkan ke dalam palet-palet. Hal ini bila berlangsung dalam jangka waktu lama diduga dapat menyebabkan cedera pada operator. Penulis menyarankan untuk merancang meja pembungkusan yang ergonomis untuk dapat mengurangi posisi membungkuk dalam waktu lama dan memutar serta mengurangi pekerjaan untuk posisi kaki dengan lutut sedikit ditekuk, sehingga dapat meminimalkan risiko terjadinya cedera pada punggung, lengan dan kaki saat mengangkat beban yang berat. Saran yang kedua adalah merancang *Ring Conveyor* sebagai pengganti manual material handling, agar menghilangkan cedera *musculoskeletal* pada operator. Saran yang ketiga merancang pallet baru yang sesuai kaidah ergonomis, agar pada saat operator memasukkan bandela karet ke dalam pallet tidak perlu berjinjit bertumpu pada satu kaki dengan membawa beban berat.

Nugraha, et.al (2013) melakukan analisis perbaikan postur kerja operator menggunakan metode RULA untuk mengurangi risiko *musculoskeletal disorder* pada bagian *bad stock warehouse* PT.X Surabaya. PT.X merupakan salah satu perusahaan rokok terbesar di Indonesia dimana masih ada operator-operator yang bekerja dalam posisi yang kurang ergonomis, salah satunya di bagian *bad stock warehouse*. Berdasarkan metode RULA didapatkan bahwa pada proses verifikasi, proses *loading*, dan proses *packaging* mendapatkan *final score* 6. Pada proses membawa dus rokok ke meja kerja, proses penyortiran dan proses membawa dus yang sudah dipackaging ke area *out* mendapatkan *final score* 5. Keenam elemen pekerjaan tersebut masuk dalam kategori *action level* 3 yang menunjukkan bahwa dibutuhkan segera penyelidikan dan perubahan. Usulan yang diberikan adalah pada proses membawa dus rokok ke meja kerja adalah mengurangi beban yang diangkat oleh operator menjadi maksimal 10 kg. Pada proses penyortiran rokok usulan yang dapat diberikan adalah operator duduk dalam posisi tegak, mengatur ketinggian kursi agar posisi duduk lebih nyaman, untuk menjangkau dus rokok yang berada di samping operator sebaiknya dilakukan dengan cara memutar poros kursi bukan dengan memutar pinggang, dus rokok sebaiknya diletakkan di atas pallet, rokok yang sudah disortir dikumpulkan dalam sebuah utility tray yang diletakkan di atas meja. Usulan yang lainnya bermacam-macam disesuaikan dengan elemen pekerjaannya, tetapi pada intinya usulan digunakan untuk mengurangi *final score* RULA yang terjadi menjadi seminimal mungkin sehingga operator menjadi aman dan nyaman.

### 2.1.2. Analisis Biomekanika dan Postur Kerja di Industri

Penelitian analisis biomekanika dan postur kerja banyak digunakan di industri untuk mengatasi permasalahan keluhan *muskuloskeletal*. Beberapa penelitian tersebut antara lain dilakukan oleh Wardhana (2013), Rochman dkk (2015), Haslindah (2007), Nainggolan (2012), Kurniantono (2016)

Wardhana (2013) melakukan penelitian di UMKM kerajinan tampar pandan. Pembuatan tampar pandan terdiri dari dua proses, yaitu proses pilin dan pintal. Proses produksi pada proses pintal menggunakan mesin manual dengan pengoperasian dikayuh. Hal ini menyebabkan keluhan fisik yang dialami pengrajin waktu memproduksi maka dari itu perlu dilakukan analisis pada alat untuk mengetahui alat tersebut nyaman atau tidak. Metode yang digunakan adalah menggunakan analisis postur kerja (REBA) dan analisis biomekanika. Hasil dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa analisis postur kerja didapati bahwa postur kerja awal memiliki nilai tinggi, kemudian diusulkan menggunakan postur kerja yang sudah dihitung dan memiliki nilai rendah.

Rochman dkk (2015) melakukan penelitian pada operator pemindah peti buah di Pasar Gede Surakarta menggunakan pendekatan metode RULA dan analisis biomekanika. Kegiatan memindahkan peti buah diduga berisiko tinggi terhadap tulang belakang. Hasil *Nordic Body Questionnaires* menunjukkan segmen punggung, lengan atas, dan paha pekerja mengalami presentase keluhan yang tinggi. Hasil metode RULA didapatkan lever risiko yang tinggi dan menurut hasil analisis biomekanik pengangkatan masih tidak aman karena berat peti 50 kg. Karena itu perlu diperlukan penurunan berat peti dari 50 kg menjadi 30 kg sehingga risiko gangguan *muskuloskeletal* kerja menjadi lebih rendah. Analisis biomekanika dan metode RULA dilakukan kembali pada postur kerja setelah perbaikan. Segmen pinggul dan punggung berada dalam kondisi yang aman.

Haslindah (2007) melakukan perancangan fasilitas kerja untuk proses perontok padi (*threshner*) dengan pendekatan biomekanika. Permasalahan di sini terdapat pada bagian meja pengumpan yang tingginya tidak sesuai dengan tinggi operator sehingga operator yang memiliki tubuh pendek harus menggunakan alat bantu tumpukan jerami sebagai penjangga agar mendapat posisi kerja yang sesuai dan operator yang bertubuh tinggi harus membungkuk. Solusi yang diambil adalah melakukan *redesign* meja pengumpan menjadi terpisah. Sehingga meja pengumpan bisa dinaikturunkan sesuai dimensi tubuh pekerja, dengan menggunakan alat kontrol pada meja dengan penutup silinder dan meja dengan

rangka. Kemudian dilakukan perhitungan momen menggunakan pendekatan biomekanika dan terdapat perbedaan antara sebelum dan setelah *redesign* menjadi lebih kecil.

Nainggolan (2012) berfokus pada pengamatan biomekanika pada buruh panen berondolan kelapa sawit pada perkebunan milik PTPN III Kebun Rambutan. Pada umumnya sikap kerja dalam pengutipan berondolan tersebut dalam keadaan jongkok dan membungkuk yang cenderung membutuhkan energi yang meningkat dan kelelahan otot. Fasilitas kerja yang tidak mendukung akan menimbulkan kelelahan kerja, karena banyaknya energi yang dibutuhkan sehingga produktivitas pengutipan berondolan kelapa sawit menurun. *Standard Nordic Quisioner* digunakan untuk mengetahui keluhan *muskuloskeletal*. Keluhan sakit yang dirasakan pada segmen tubuh bagian bahu, lengan kanan, lutut, kaki depan, panggul, kaki, dan bagian punggung. Perhitungan produktivitas awal bertujuan untuk membandingkannya dengan setelah perbaikan. Metode biomekanika digunakan untuk perhitungan pembebanan dan energi pada otot yang dikeluarkan oleh buruh panen. Hasil dari analisis biomekanika menunjukkan adanya kelelahan otot pada setiap segmen tubuh yang mengalami keluhan sakit. Usulan alat bantu berfungsi untuk mengurangi *level* risiko kelelahn pada otot sehingga terdapat penurunan kelelalahan otot dan produktivitas pengutipan berondolan juga mengalami peningkatan sebesar 25%.

Kurniantono (2016) melakukan penelitian pendahuluan dengan *Nordic Body Questionnaires* pada 8 pekerja mesin table saw pada UD. Kelapa Budaya yang menunjukkan keluhan *muskuloskeletal* pada beberapa bagian tubuh tertentu. Analisis biomekanika dengan bidang referensi tubuh *sagital plane* dilakukan pada segmen tubuh lengan kanan dan kiri, punggung, dan kaki. Penilaian risiko postur kerja menggunakan penilaian ergonomi REBA. Pebaikan dilakukan pada fasilitas kerja *table saw* dengan dengan cara mengubah mekanisme *fence* dan menambahkan fasilitas kerja pendorong kayu. Penurunan risiko cedera dengan ditunjukkan melalui penurunan gaya yang diterima dari segmen tubuh pekerja. Penurunan skor REBA terjadi pada postur kerja setelah dilakukan perbaikan pada fasilitas kerja *tabel saw*.

### 2.1.3. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di sebuah industri pengecoran dan peleburan aluminium pembuatan wajan di SP Aluminium Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah merancang meja penjepit wajan ergonomis untuk memperbaiki postur kerja dan meminimalkan rasa sakit atau pegal-pegal pada otot punggung, kaki dan tangan yang dirasakan oleh operator pengikiran wajan di SP Aluminium Yogyakarta.

*Tools* yang digunakan dalam penelitian ini adalah REBA dan Biomekanika. *Software* yang digunakan untuk melakukan perbaikan fasilitas kerja adalah *Autocad 2012* dan *Catia V5R20*.

**Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Analisis Postur Kerja Terdahulu dengan Sekarang**

No	Penelitian	Obyek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Perbaikan yang dilakukan
1	Wardhana (2013)	Operator pemintal daun pandan	Analisis biomekanika dan REBA	Menggunakan postur kerja yang sudah dihitung dan memiliki nilai REBA <i>final score</i> rendah
2	Rochman dkk (2015)	Operator pemindah peti buah	RULA dan analisis biomekanika	Perubahan postur kerja dan penurunan berat beban
3	Haslindah (2007)	Operator perontok padi	Analisis biomekanika	Redesain mesin perontok padi
4	Nainggolan (2012)	Buruh panen berondolan kelapa sawit	<i>Nordic body Questionnaires</i> , analisis biomekanika	Pembuatan fasilitas kerja alat bantu pengutip berondolan kelapa sawit
5	Kurniantono (2016)	Pekerja mesin <i>table saw</i>	<i>Nordic body Questionnaires</i> , REBA, waktu proses, dan analisis biomekanika	Rancangan fence dan pendorong kayu
6	Penelitian sekarang (2017)	Operator bagian finishing (pengikiran)	<i>Nordic body Questionnaires</i> , REBA, waktu proses, dan analisis biomekanika	Perancangan meja penjepit wajan ergonomis

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari 2 kata yakni “*ergon*” berarti kerja dan “*nomos*” berarti aturan atau hukum. Secara keseluruhan ergonomic

adalah suatu aturan atau norma dalam sistem kerja. Ergonomi bertujuan untuk optimalisasi fungsi manusia terhadap aktivitas yang dilakukan.

Setiap aktivitas yang dilakukan yang tidak dilakukan secara ergonomis akan mengakibatkan ketidaknyamanan, biaya tinggi, kecelakaan dan penyakit akibat kerja meningkat, performansi menurun yang berakibat kepada penurunan efisiensi dan daya kerja. Dengan demikian, penerapan ergonomi di segala bidang adalah suatu keharusan. (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004)

### **2.2.2. Postur Kerja**

Postur kerja adalah faktor penting dalam menentukan dan menganalisis seberapa efektif suatu pekerjaan. Operator yang sudah memiliki postur kerja yang baik dan ergonomis memiliki kemungkinan besar pekerjaan yang dilakukan operator tersebut juga akan baik. Postur Kerja yang tidak ergonomis dapat menyebabkan operator mudah merasa lelah dan dapat mengalami cedera otot. Operator yang mengalami kelelahan, dapat dipastikan mengalami penurunan produktivitas dan hasil dari pekerjaannya tidak dapat maksimal.

Menurut Tarwaka (2004) postur kerja dibagi menjadi 3 posisi yakni:

#### **a. Posisi kerja duduk**

Bekerja dengan posisi duduk memiliki beberapa keuntungan antara lain pembebanan pada kaki, pemakaian energi dan keperluan untuk sirkulasi darah dapat dikurangi. Sikap duduk yang terlalu lama dapat menyebabkan otot perut melembek dan tulang belakang akan melengkung sehingga cepat lelah.

#### **b. Posisi kerja berdiri**

Posisi kerja berdiri juga banyak ditemukan di perusahaan selain posisi kerja duduk. Menurut (Sutalaksana, 2000) sikap berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental, sehingga kerja dapat lebih cepat, kuat dan teliti. Kekurangan postur kerja berdiri adalah posisi kerja yang lebih melelahkan dibandingkan posisi kerja duduk.

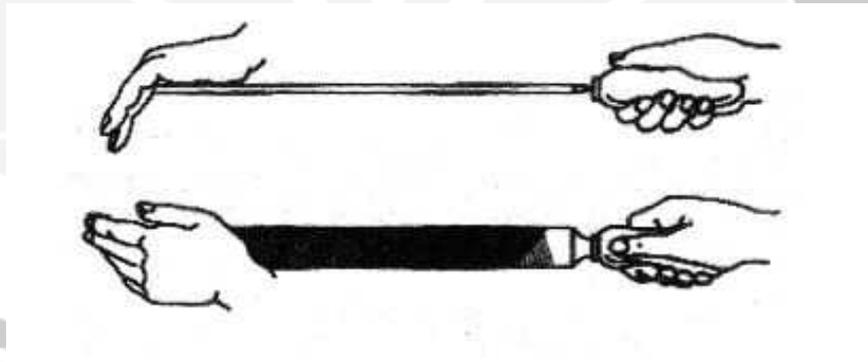
#### **c. Postur kerja dinamis**

Posisi kerja duduk maupun berdiri memiliki keuntungan dan kerugiannya masing-masing. Menurut (Clark, 1996) keuntungan dari dua posisi dapat dikombinasikan. Posisi duduk–berdiri merupakan posisi terbaik dan lebih dikehendaki dibandingkan hanya postur berdiri saja atau postur duduk saja. Hal tersebut disebabkan karena pekerja dapat berganti posisi kerja untuk mengurangi kelelahan otot karena sikap paksa dalam satu postur saja.

### 2.2.3. Pengikiran

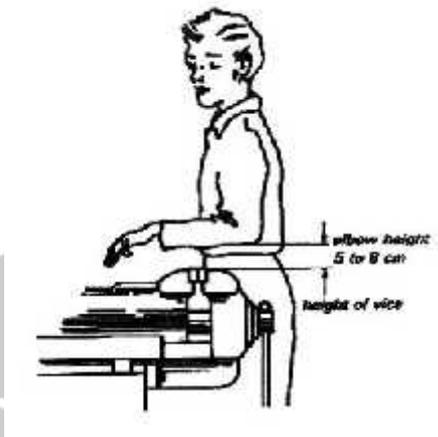
Pengikiran adalah salah satu kegiatan meratakan permukaan benda kerja hingga mencapai ukuran, kerataan, dan kehalusan tertentu dengan menggunakan kikir yang dilakukan dengan tangan. Pemahaman tentang teknik mengikir yang baik diperlukan untuk mendapatkan hasil pengikiran yang presisi dan maksimal. Prosedur pengikiran yang baik menurut instruktur *bench work* ATMI adalah sebagai berikut:

- a. Pencekaman benda kerja harus kuat dan benar / tidak merusak material.
- b. Pemegangan kikir:
  - i. Tangan Kanan: peganglah gagang kikir dengan mantap dan tekanlah ujung gagang tersebut dengan telapak tangan bagian tengah. Tenaga yang dominan mendorong bukan menekan. Ibu jari (jari pengarah) terletak di atas dan jari-jari lainnya (jari pemegang) di bawah gagang.
  - ii. Tangan Kiri: Tempatkan telapak tangan dan ibu jari pada ujung kikir, jari – jari lainnya terletak di ujung kikir tersebut dengan keadaan rapat satu sama lain dan melipat ke bawah, tetapi tidak menggenggam ujung kikir tersebut.



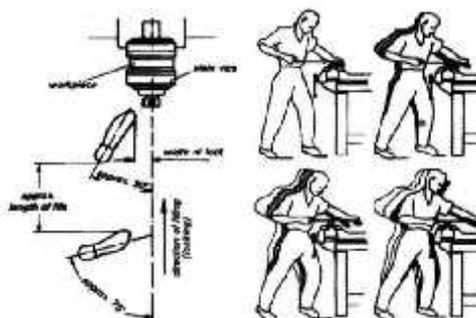
**Gambar 2.1. Pemegangan kikir**

- c. Posisi kerja berdiri:
  - i. Ketinggian pencekam disesuaikan dengan ketinggian operator yang menggunakannya. Hal ini bisa dilakukan dengan mengatur tinggi pencekam atau dengan menambah *pallet*.
  - ii. Lengan tangan bagian bawah sejajar dengan permukaan atas benda kerja. Sehingga diharapkan posisi lengan yang sejajar ini akan memberikan gaya dorong yang maksimal.



**Gambar 2.2. Ketinggian pengecaman**

- d. Posisi kaki dan badan:
- i. Posisi kerja memperlihatkan kecakapan seseorang dalam bekerja.
  - ii. Selama mengikir, berdiri di sebelah kiri pengecam dengan kaki tetap pada tempatnya.
  - iii. Kaki kanan (di belakang) tetap lurus selama pengikiran dan kaki kiri (di depan) dibengkokkan ke dalam.
  - iv. Jarak antar kaki disesuaikan dengan panjang kikir.
  - v. Sudut antara poros pengecam dan kaki kira – kira 30o untuk kaki kiri dan 75o untuk kaki kanan.
  - vi. Badan berdiri tegak pada posisi permulaan dan selanjutnya dicondongkan ke depan selama gerakan pemotongan.
  - vii. Arah gerakan pemotongan ke depan.
  - viii. Hindari singgungan dengan pihak / komponen lain.
  - ix. Pandangan mata selalu ditujukan ke benda kerja.



**Gambar 2.3. Posisi kaki dan badan**

#### **2.2.4. RULA/REBA**

##### **a. RULA**

RULA (Rapid Upper Limb Assessment) adalah metode survei yang dikembangkan untuk digunakan dalam penyelidikan ergonomi pekerja di mana gangguan pada tubuh bagian atas yang dilaporkan. Metode ini tidak memerlukan peralatan khusus dalam memberikan penilaian dari postur leher, punggung, dan lengan bersama dengan fungsi otot dan beban eksternal yang dialami oleh tubuh. Sebuah sistem pengkodean digunakan untuk menghasilkan daftar tindakan sebagai indikasi tingkat risiko cedera yang terjadi pada operator. (McAtamney & Corlett, 1993)

##### **b. REBA**

REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) menyerupai RULA, perbedaannya adalah REBA menganalisis tubuh secara keseluruhan. REBA telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan yang terdapat di lapangan. Hignett dan McAtamney (2000) memperkenalkan REBA dan menyatakan bahwa REBA digunakan untuk menilai postur untuk risiko penderita keluhan musculoskeletal. Kelemahan dari REBA adalah REBA tidak menyediakan penilaian risiko faktor biomekanik. (Hignett & McAtamney, 2000)

#### **2.2.5. Keluhan *Musculoskeletal***

Keluhan *Musculoskeletal* adalah keluhan pada bagian – bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligament, dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal*.

Secara garis besar keluhan otot dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

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

Studi tentang MSDs pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan adalah otot rangka

(skeletal) yang meliputi otot leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang dan otot-otot bagian bawah. (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004)

### **2.2.5. Antropometri**

Antropometri berasal dari bahasa Yunani , “*anthropos*” yang berarti manusia dan “*metrikos*” yang berarti pengukuran. Secara literasi berarti “pengukuran manusia”. Menurut penjelasan ISO 15534-1, antropometri merupakan studi pengukuran dimensi fisik dari manusia. Adapun data yang menjadi dokumen yang diperlukan untuk perhitungan dan penerapan distandardisasi ISO 15534-3

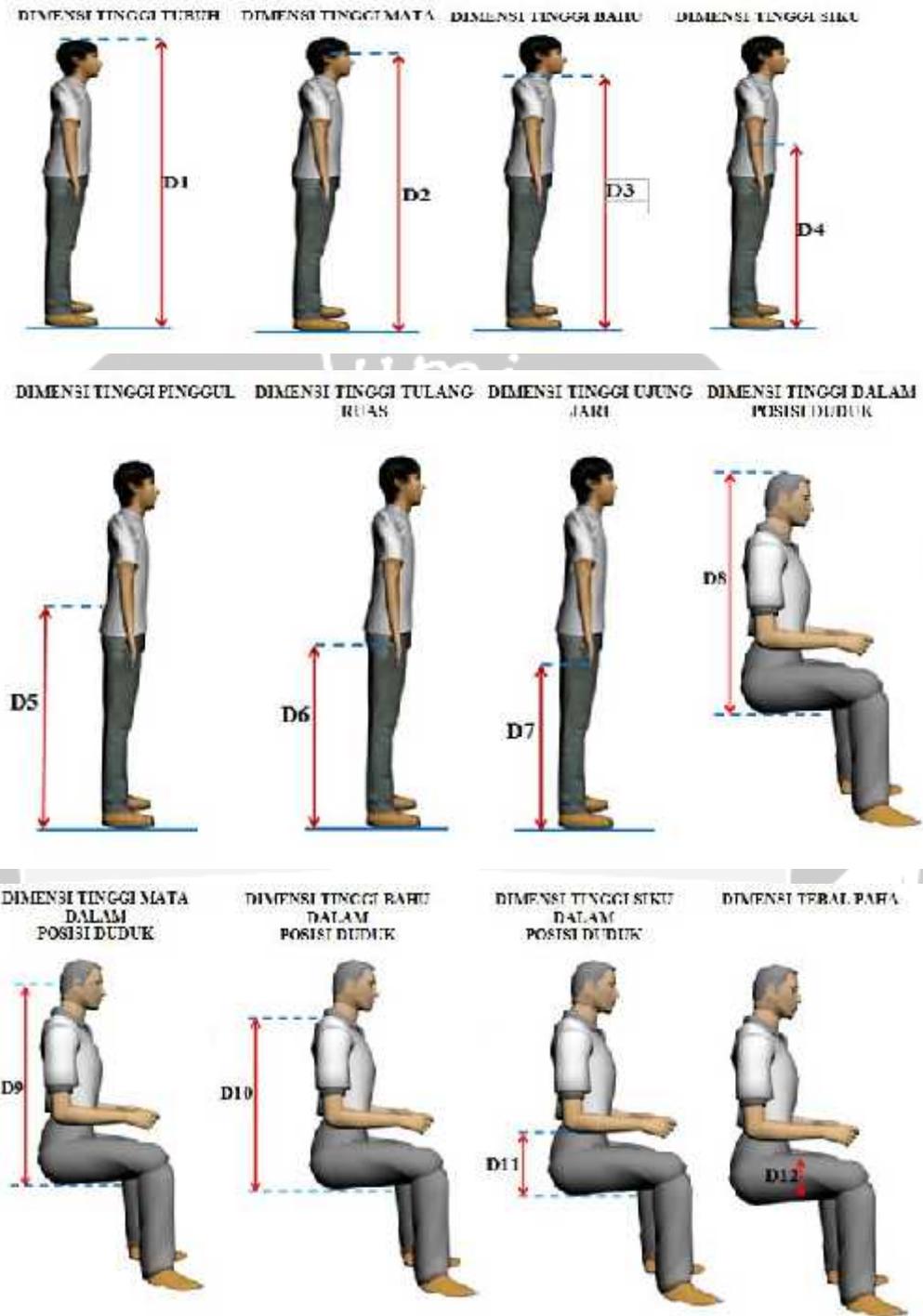
Antropometri sangat penting sebagai kajian dan pemecahan masalah ergonomi, hal tersebut menyangkut ergonomic kognitif (berkaitan dengan informasi pengolahan), ergonomi lingkungan, dan berbagai subdisiplin lain yang dapat diidentifikasi yang berlangsung. (Kuswana, 2013)

Setiap desain produk, baik produk yang sederhana maupun produk yang sangat kompleks, harus berpedoman kepada antropometri pemakainya.

Menurut Sanders & McCormick (1987); Pheasant (1988) dan Pulat (1992) bahwa antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik fisik tubuh lainnya yang relevan dengan desain tentang sesuatu yang dipakai orang. Selanjutnya Annis & McConville (2004) membagi aplikasi ergonomi dalam kaitannya dengan antropometri menjadi dua devisi utama yaitu:

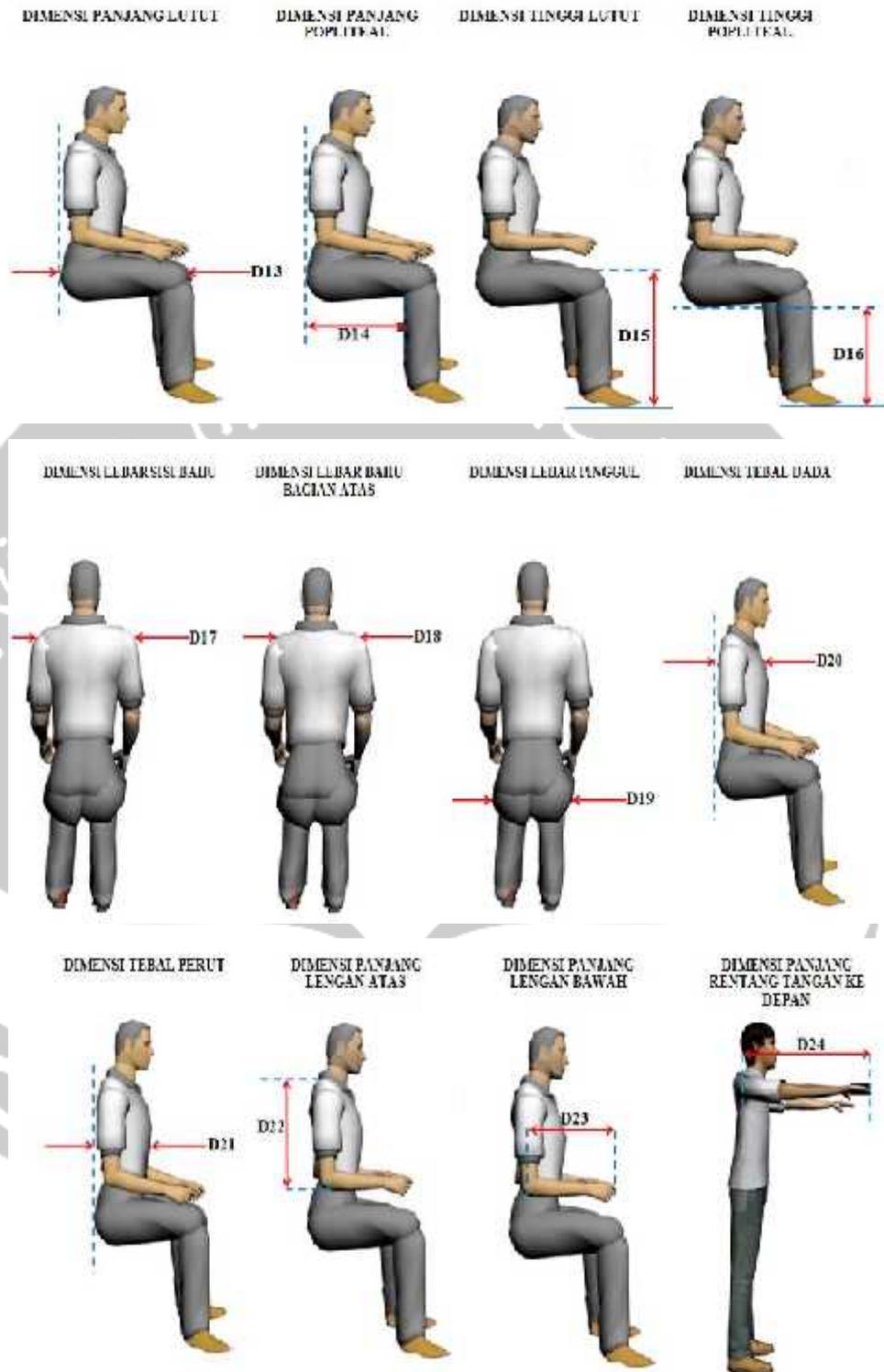
- a. Pertama, ergonomi berhadapan dengan tenaga kerja, mesin beserta sarana pendukung lainnya dan lingkungan kerja. Tujuan ergonomi dari devisi ini adalah untuk menciptakan kemungkinan situasi terbaik pada pekerjaan sehingga kesehatan fisik dan mental tenaga kerja dapat terus dipelihara serta efisiensi produktivitas dan kualitas produk dapat dihasilkan dengan optimal.
- b. Kedua, ergonomi berhadapan dengan karakteristik produk pabrik yang berhubungan dengan konsumen atau pemakai produk.

(Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004)



**Gambar 2.4. Dimensi Antropometri D1 – D12**

(Sumber : [www.antropometriindonesia.org](http://www.antropometriindonesia.org))



**Gambar 2.5. Dimensi Antropometri D13 - D24**

(Sumber : [www.antropometriindonesia.org](http://www.antropometriindonesia.org))

DIMENSI PANJANG BAHU-  
GENGAMAN TANGAN KE  
DEPAN



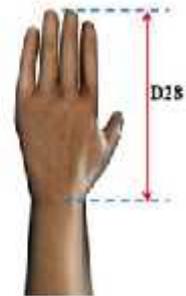
DIMENSI PANJANG  
KEPALA



DIMENSI LEBAR KEPALA



DIMENSI PANJANG  
TANGAN



DIMENSI LEBAR TANGAN



DIMENSI PANJANG KAKI



DIMENSI LEBAR KAKI



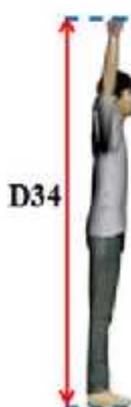
DIMENSI PANJANG  
RENTANGAN LANGKAN KE  
SAMPING



DIMENSI PANJANG  
RENTANGAN SIRI



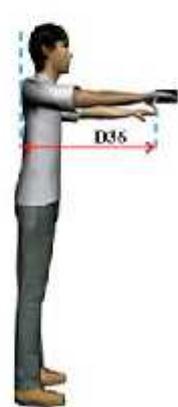
DIMENSI TINGGI  
GENGAMAN TANGAN KE  
ATAS DALAM POSISI  
BERJALAN



DIMENSI TINGGI  
GENGAMAN TANGAN KE  
ATAS DALAM POSISI  
DUDUK



DIMENSI PANJANG  
GENGAMAN TANGAN KE  
DEPAN



**Gambar 2.6. Dimensi Antropometri D25 – D36**

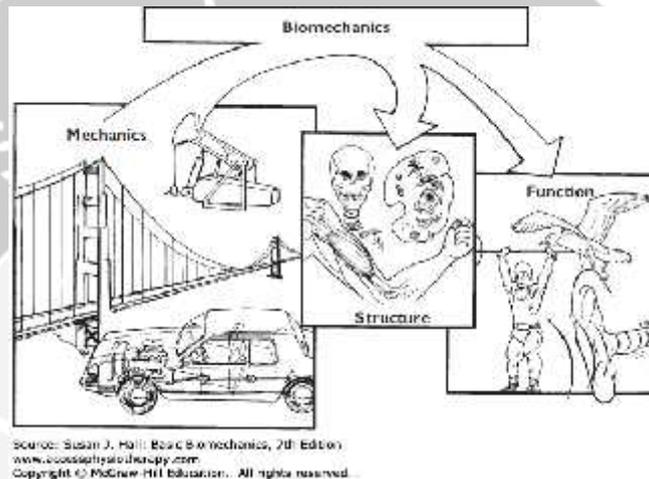
(Sumber : [www.antropometriindonesia.org](http://www.antropometriindonesia.org))

**Tabel 2.2. Data Antropometri Populasi Laki-Laki Indonesia**(Sumber : [www.antropometriindonesia.org](http://www.antropometriindonesia.org))

Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th	SD
D1	Tinggi tubuh	157.72	159.36	161.01	21.24
D2	Tinggi mata	147.52	149.17	150.81	19.85
D3	Tinggi bahu	131.18	132.82	134.47	17.67
D4	Tinggi siku	97.85	99.5	101.14	13.21
D5	Tinggi pinggul	87.72	89.37	91.01	11.65
D6	Tinggi tulang ruas	67.22	68.87	70.51	10.68
D7	Tinggi ujung jari	63.45	65.1	66.74	12.43
D8	Tinggi dalam posisi duduk	77.73	79.37	81.02	9.74
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	67.53	69.18	70.82	9.81
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	56.6	58.25	59.89	10.53
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	26.76	28.4	30.05	8.65
D12	Tebal paha	15.47	17.11	18.76	7.84
D13	Panjang lutut	49	50.65	52.29	6.75
D14	Panjang popliteal	37.1	38.74	40.39	5.68
D15	Tinggi lutut	48.9	50.54	52.19	7.28
D16	Tinggi popliteal	40.1	41.75	43.39	5.59
D17	Lebar sisi bahu	40.15	41.79	43.44	7.72
D18	Lebar bahu bagian atas	31.74	33.39	35.03	9.48
D19	Lebar pinggul	32.19	33.84	35.48	6.54
D20	Tebal dada	18.61	20.25	21.9	3.75
D21	Tebal perut	21.41	23.05	24.7	6.51
D22	Panjang lengan atas	30.86	32.51	34.15	5.66
D23	Panjang lengan bawah	40.5	42.15	43.79	8.82
D24	Panjang rentang tangan ke depan	64.19	65.83	67.48	10.27
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	56.65	58.29	59.94	7.58
D26	Panjang kepala	16.66	18.31	19.95	4.85
D27	Lebar kepala	15.06	16.7	18.35	2.43
D28	Panjang tangan	16.37	18.01	19.66	3.92
D29	Lebar tangan	9.64	11.28	12.93	3.96
D30	Panjang kaki	21.95	23.6	25.24	3.48
D31	Lebar kaki	7.97	9.62	11.26	1.72
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	158.1	159.74	161.39	25.4
D33	Panjang rentangan siku	80.9	82.54	84.19	13.49
D34	Tinggi genggaman tangan ke atas dalam posisi berdiri	192.68	194.33	195.97	28.87
D35	Tinggi genggaman ke atas dalam posisi duduk	116.93	118.57	120.22	20.59
D36	Panjang genggaman tangan ke depan	67.33	68.98	70.62	10.82

### 2.2.6. Biomekanika

Hall (2004) mengatakan bahwa selama awal 1970, komunitas internasional mengadopsi biomekanika untuk mendeskripsikan ilmu pembelajaran sistem biologi dari prespektif mekanik. Biomekanis menggunakan *tool* dari mekanik, cabang dari fisika yang melibatkan analisis dari aksi dari gaya, untuk mempelajari anatomik dan aspek fungsi dari organ – organ makhluk hidup.



**Gambar 2.7. Biomekanika**

Frankel dan Nordin (1980) mengatakan bahwa biomekanika adalah ilmu yang melibatkan hukum fisika dan konsep teknik untuk menggambarkan gerakan yang dialami oleh berbagai segmen tubuh dan gaya yang terjadi pada bagian tubuh tersebut selama melakukan kegiatan.

Menurut Phillips (2000) Biomekanika dapat dibagi menjadi 3 sub sub disiplin:

- a. Biostatik adalah ilmu struktur organisme makhluk hidup dalam hubungannya dengan gaya yang saling berkaitan.
- b. Biodinamik mempelajari sifat dan determinan dari gerakan dan gaya yang terkait dari organisme makhluk hidup.
- c. Bioenergi mempelajari transformasi energi dari organisme makhluk hidup

### 2.2.7. Gaya, Momen Gaya, dan Keseimbangan

Gaya yang paling mudah ialah kekuatan dari luar, berupa dorongan atau tarikan yang dilakukan oleh otot-otot kita. Perubahan gerak perubahan kecepatan, adanya percepatan disebabkan oleh gaya.

Rumus Gaya:

$$F = m \times a \quad (2.1.)$$

Keterangan:

F = Gaya (Newton)

M = Massa (Kg)

a = Percepatan ( $m/s^2$ )

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

$$t = F \cdot d \quad (2.2.)$$

Keterangan:

t = torsi (N.m)

F = Gaya (newton)

d = Jarak (meter)

Pada umumnya satu gaya saja yang bekerja pada sebuah benda mengakibatkan perubahan baik pada gerakan translasinya maupun gerak rotasinya. Tetapi bila yang bekerja itu beberapa gaya sekaligus, mungkin akibatnya saling meniadakan sehingga tidak menghasilkan gerak translasi maupun rotasi. Bila demikian halnya benda itu dalam kesetimbangan. Apabila sebuah benda dalam kesetimbangan, maka resultan dari semua gaya yang bekerja pada benda itu sama dengan nol, artinya:

$$F_x = 0 \text{ (untuk arah horizontal)} \quad (2.3.)$$

$$F_y = 0 \text{ (untuk arah vertikal)} \quad (2.4.)$$

Persamaan ini disebut syarat pertama kesetimbangan, dan dikatakan benda dalam **kesetimbangan translasi**.

Syarat kedua kesetimbangan dapat dinyatakan secara analitik sebagai berikut:

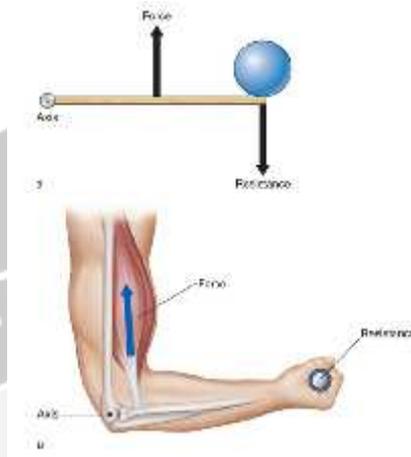
$$M = 0 \text{ (terhadap sembarang sumbu)} \quad (2.5.)$$

Persamaan ini disebut syarat kedua kesetimbangan dan dikatakan benda dalam **kesetimbangan rotasi**. (Yahdi, 1994)

### 2.2.8. Model Biomekanika

Model biomekanika menerapkan konsep mekanika konsep mekanika teknik pada fungsi tubuh untuk mengetahui reaksi otot yang terjadi akibat tekanan beban kerja. Atas dasar teori keseimbangan pada sendi seperti yang terlihat pada Gambar

2.10, dapat dianalisis besarnya peregangan otot akibat beban dan sikap kerja yang ada dan selanjutnya dapat dievaluasi apakah peregangan yang terjadi melampaui kekuatan maksimal otot untuk kontraksi

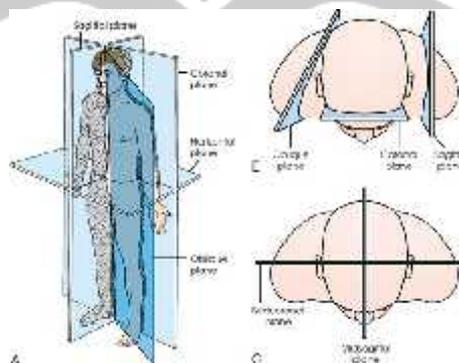


**Gambar 2.8. Contoh keseimbangan sendi pada siku**

Beberapa faktor penting yang harus dicermati apabila pengukuran dilakukan dengan model biomekanik adalah sebagai berikut:

- a. Sifat dasar mekanik (statik atau dinamik),
- b. Dimensi model (dua atau tiga dimensi),
- c. Ketetapan dalam mengambil asumsi, dan
- d. Input yang diperlukan cukup kompleks.

Walaupun model biomekanik dapat dipakai mengenali sumber penyebab terjadinya keluhan otot skeletal, namun dalam penerapannya, model biomekanik lebih banyak untuk mendesain tingkat beban dan sikap kerja yang aman bagi pekerja. (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004)



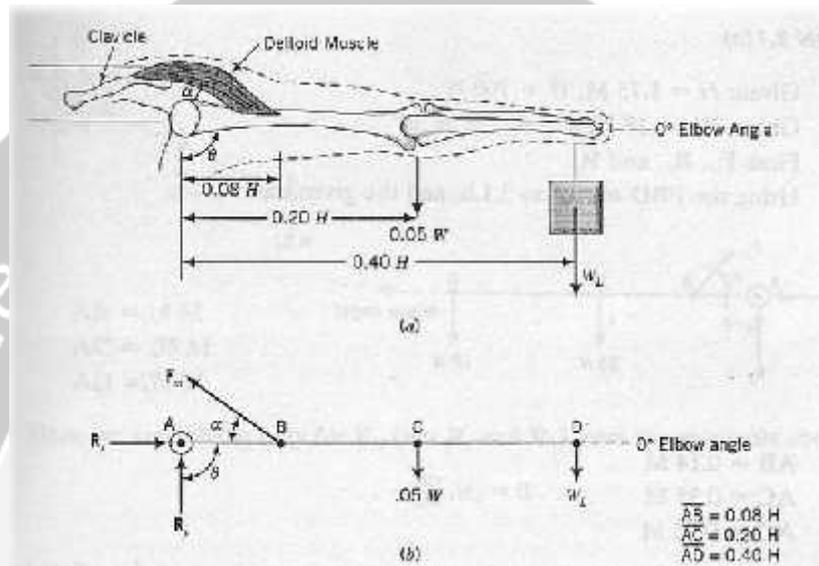
**Gambar 2.9. Pembagian Bidang Tubuh Manusia**

Model biomekanika mendemonstrasikan karakter fisika manusia secara luas, dimana tinggi (H) dan berat badan (W) menjadi 2 elemen dasar. Karena itu agar

*Free Body Diagram* (FBD) dapat dikembangkan untuk analisis biostatic mekanik, kita harus menggunakan konvensi parameter dimana H mewakili tinggi tubuh berdiri tegak dan W mewakili berat badan total (dalam newton) (Phillips, 2000)

### a. Bahu dan Lengan

Perkiraan model dan *free body diagram* bahu dan lengan menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



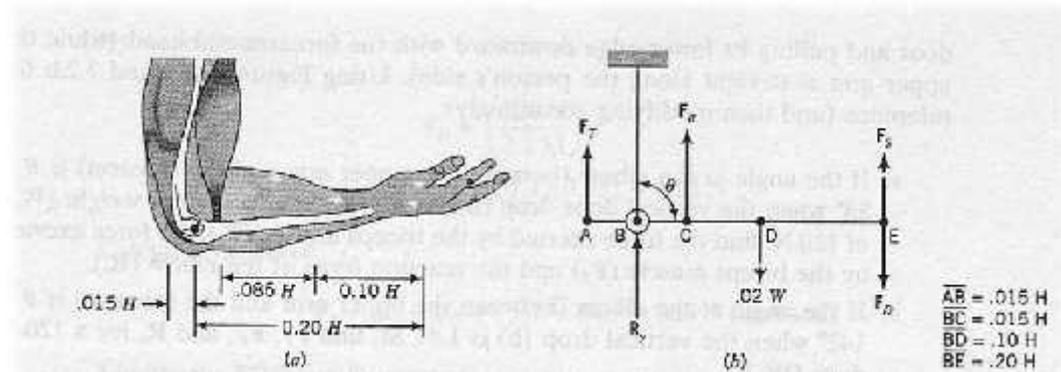
**Gambar 2.10.a. Model Bahu dan Lengan b. Free Body Diagram Bahu dan Lengan**

Keterangan:

- AB =  $0,08H$  (Panjang segmen A ke B)
- AC =  $0,2H$  (Panjang segmen A ke C)
- AD =  $0,4H$  (Panjang segmen A ke D)
- WC =  $0,05W$  (Berat segmen dititik C)
- WL (Berat benda yang dibawa pekerja)
- (Sudut yang dibentuk otot deltoid)
- (Sudut yang dibentuk bahu)
- FM (Gaya yang dibentuk otot deltoid)
- Rx (Reaksi gaya horizontal)
- Ry (Reaksi gaya vertical)
- H (Tinggi pekerja dalam meter)
- W (Berat pekerja dalam newton)

## b. Siku dan Lengan Bawah

Perkiraan model dan *free body diagram* siku dan lengan bawah menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.11.a Model Siku dan Lengan Bawah .b Free Body Diagram Siku dan Lengan Bawah**

$AB = 0,15 H$  (Panjang dari segmen A ke B)

$BC = 0,15 H$  (Panjang dari segmen B ke C)

$BD = 0,1 H$  (Panjang dari segmen B ke D)

$BE = 0,2 H$  (Panjang dari segmen B ke E)

$F_T$  (Gaya yang dibentuk otot trisep)

$F_B$  (Gaya yang dibentuk otot bisep)

$F_S$  (*Upward spring force*)

$F_D$  (*Downward door force*)

(Sudut yang dibentuk bahu)

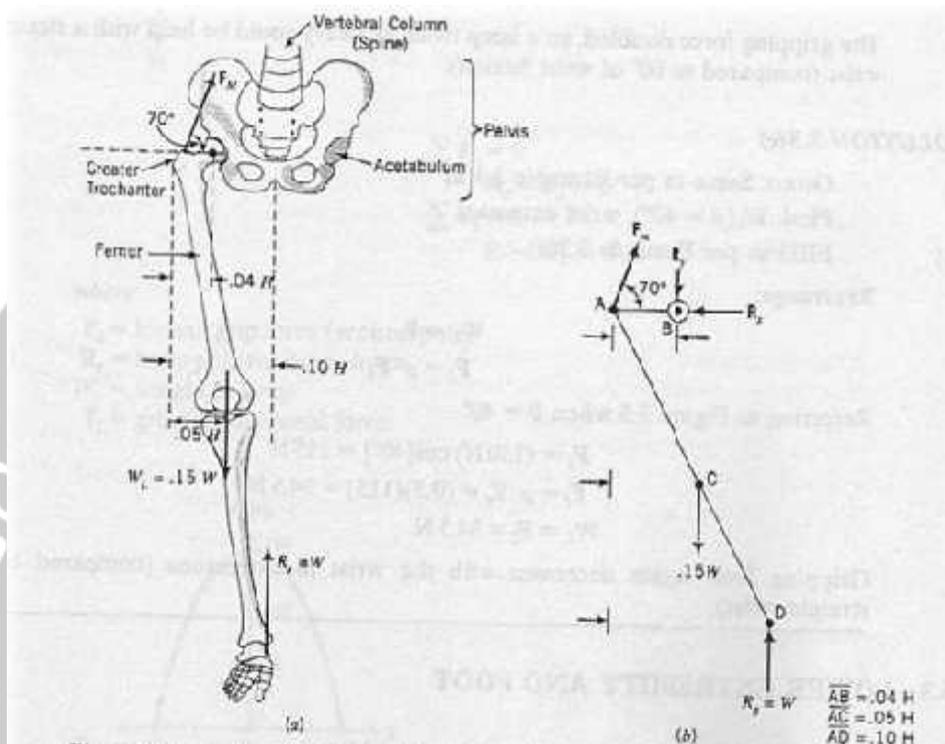
$R_y$  (Reaksi gaya vertical)

$H$  (Tinggi pekerja dalam meter)

$W$  (Berat pekerja dalam newton)

### c. Panggul dan Kaki

Perkiraan model dan *free body diagram* panggul dan kaki menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.12.a. Model Panggul dan Kaki b. Free Body Diagram Panggul dan Kaki**

$AB = 0,04 H$  (Panjang dari segmen A ke B)

$AC = 0,05 H$  (Panjang dari segmen A ke C)

$AD = 0,10 H$  (Panjang dari segmen A ke D)

$WL = 0,15 W$  (Gaya di lutut)

$R_g = W$  (Reaksi di telapak kaki)

$F_M$  (Gaya di panggul)

$R_x$  (Reaksi gaya horizontal)

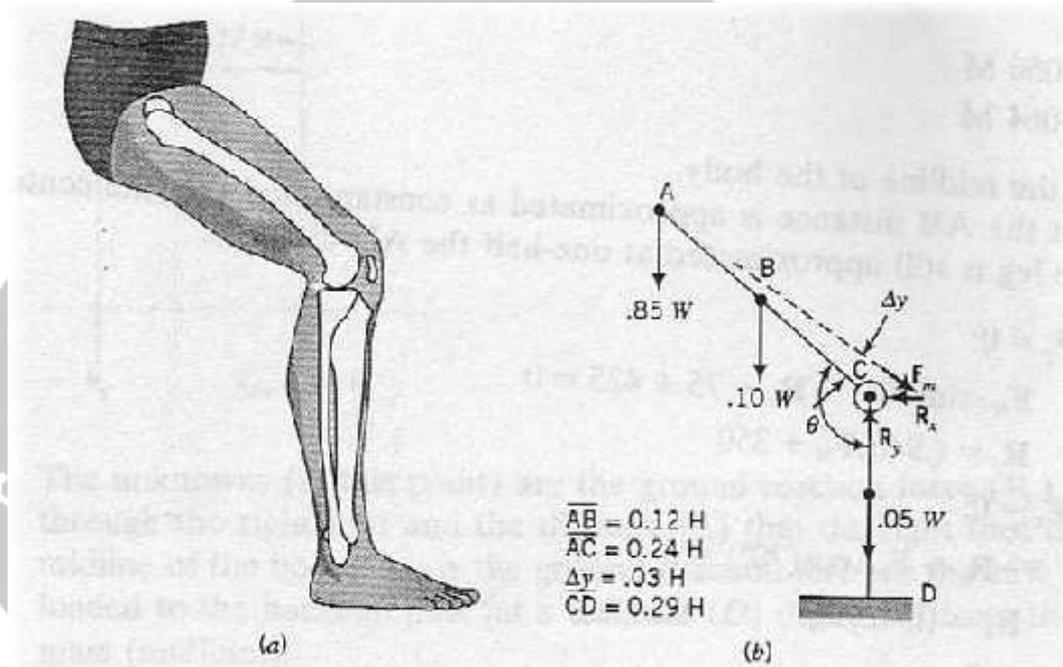
$R_y$  (Reaksi gaya vertical)

$H$  (Tinggi pekerja dalam meter)

$W$  (Berat pekerja dalam newton)

#### d. Lutut dan Kaki Depan

Perkiraan model dan *free body diagram* lutut dan kaki depan menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.13.a. Model Lutut dan Kaki Depan b. Free Body Diagram Lutut dan Kaki Depan**

$AB = 0,12 H$  (Panjang dari segmen A ke B)

$AC = 0,24 H$  (Panjang dari segmen A ke C)

$CD = 0,29 H$  (Panjang dari segmen C ke D)

$F_m$  (Gaya otot quadriceps)

$y = 0,03 H$  (Jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot quadriceps)

$W_A = 0,85 W$  (Berat di segmen pinggul)

$W_B = 0,10 W$  (Berat di segmen paha)

$W_C = 0,05 W$  (Berat di segmen betis)

$R_x$  (Reaksi gaya horizontal)

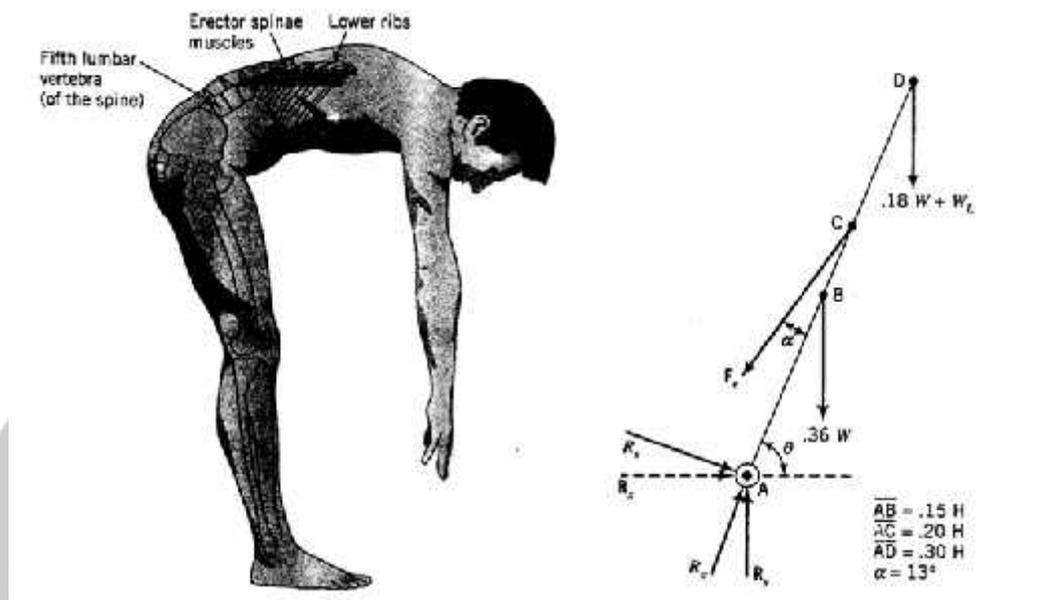
$R_y$  (Reaksi gaya vertical)

$H$  (Tinggi pekerja dalam meter)

$W$  (Berat pekerja dalam newton)

### e. Punggung

Perkiraan model dan *free body diagram* punggung menurut Phillips (2000) adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.14.a. Model Punggung (Kiri) b.Free Body Diagram Punggung (Kanan)**

AB = 0,15 H (Panjang dari segmen A ke B)

AC = 0,20 H (Panjang dari segmen A ke C)

AD = 0,30 H ( Panjang dari segmen A ke D)

Fe = Gaya otot pada tulang belakang di titik C

WL = berat beban yang dibawa pekerja

=  $13^\circ$  sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot Fe

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

Rx (Reaksi gaya horizontal)

Ry (Reaksi gaya vertical)

Ra (Reaksi gaya aksial sesumbu dengan tulang belakang)

Rs (Reaksi gaya potong tegak lurus terhadap sumbu tulang belakang)

H (Tinggi pekerja dalam meter)

W (Berat pekerja dalam newton)

WB = 0,36 W (Berat tulang belakang di segmen B)

WD = 0,18 W ( Berat tulang belakang di segmen D)