

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai konsep dan teori yang digunakan dalam penelitian sebagai landasan dan dasar pemikiran untuk membahas serta menganalisis permasalahan yang ada.

2.1 GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

Penelitian ini dilakukan pada pekerja di tempat penggilingan padi UD. Citra Tani yang terletak di Candirejo RT 2 RW 5 Desa Klumprit, Mojolaban, Sukoharjo Propinsi Jawa Tengah. Pemilik UD. Citra Tani ini bernama Bapak Sri Yanto yang merupakan generasi pertama sejak didirikannya pada tahun 1990. UD. Citra Tani memiliki 5 orang pekerja yang memiliki tugas masing-masing sesuai stasiun kerjanya. Terdapat beberapa stasiun kerja yaitu stasiun pemisah kulit antara gabah dengan beras, stasiun penyosohan beras, stasiun penyaringan beras, stasiun pengemasan, dan stasiun penyimpanan. Waktu kerja yang diterapkan di UD. Citra Tani mulai pukul 08.00-16.00 dari hari senin- sabtu.

Terdapat beberapa rangkaian proses kerja pengolahan gabah menjadi beras diantaranya stasiun pemisah kulit antara gabah dengan beras, stasiun penyosohan beras, stasiun penyaringan beras, stasiun pengemasan dan penyimpanan. Teknik penggilingan padi yang baik melalui tahapan proses sebagai berikut :

1. Stasiun Pemisah Kulit Gabah

Pada proses ini, diawali dengan tumpukan gabah disiapkan di dekat lubang pemasukan (corong sekam) gabah. Kemudian mesin penggerak dan mesin pemecah kulit dihidupkan, gabah dimasukkan ke corong pemecah kulit. Proses pemecah kulit dilakukan 1 kali dengan mesin penggiling beras pecah kulit agar dihasilkan beras pecah. Proses pemecahan kulit berjalan baik bila butir gabah pada beras pecah kulit tidak ada. Untuk menghasilkan beras yang berkualitas harus menggunakan bahan baku gabah yang berkualitas.



Gambar 2.1 Proses Kerja Pemisah Kulit Gabah

2. Stasiun Penyosohan Beras

Penyosohan beras adalah proses menghilangkan sebagian atau keseluruhan lapisan pada gabah dengan tidak mengakibatkan keretakan pada butir beras, menghasilkan beras giling berwarna putih, bersih, dan cemerlang (Thahir, 2002). Proses penyosohan ini dikenal dengan istilah pemutihan (*whitening*) atau pemolesan (*polishing*) proses ini dilakukan agar menghasilkan beras yang mengkilap (beras kristal). Pada tahap ini penyosohan beras dilakukan dua kali agar beras dan gabah terpisah dengan baik. Butir beras patah memperluas permukaan sosoh sehingga makin banyak bagian beras yang disosoh menjadi dedak (Thahir, 1996). Proses ini menggunakan alat penyosoh tipe friksi yaitu gesekan antar butiran, sehingga dihasilkan beras yang penampakannya bening.



Gambar 2.2 Proses Kerja Penyosohan Beras Pertama



Gambar 2.3 Proses Kerja Penyosohan Beras Kedua

3. Stasiun Penyaringan Beras

Tahap ini menggunakan alat penyaring beras, beras diletakkan disisi atas dan akan jatuh ke bawah alat penyaring. Proses penyaringan beras dilakukan secara berulang agar mendapatkan beras dengan kualitas yang berbeda. Kualitas beras dibedakan menjadi 3 yaitu kualitas beras super (tinggi), kualitas beras menengah, dan kualitas beras rendah. Usaha meningkatkan mutu beras hasil giling tergantung dari produk akhir yang diinginkan konsumen.



Gambar 2.4 Proses Kerja Penyaringan Beras

4. Stasiun Pengemasan dan Penyimpanan

Beras hasil giling sebaiknya tidak langsung dikemas, sampai sisa panas akibat penggilingan hilang. Jenis kemasan disarankan memperhatikan beras isinya. Kemasan lebih dari 10 kg sebaiknya menggunakan karung plastik yang dijahit tutupnya. Perlu diperhatikan dalam memilih jenis kemasan adalah kekuatan kemasan, bahan kemasan (bersifat tidak korosif dan tidak mencemari produk beras, kedap udara atau pori-pori penyerapan uap air dari luar tidak mengganggu peningkatan kadar air beras dalam kemasan), serta label kemasan untuk beras hendaknya mencantumkan nama varietas (untuk menghindari pemalsuan). Tempat penyimpanan beras yang harus diperhatikan adalah kondisi tempat penyimpanan harus aman, bebas kontaminasi hama, terdapat pengaturan aerasi atau tidak bocor dan tidak lembab.



Gambar 2.5 Proses Kerja Pengemasan dan Penyimpanan

2.2 LANDASAN TEORI

Subbab ini menjelaskan mengenai landasan teori yang digunakan dalam penelitian diantaranya konsep ergonomi, *Nordic Body Map* (NBM), sikap kerja ergonomi, faktor resiko sikap kerja terhadap gangguan musculoskeletal, postur kerja, metode analisis REBA, beban kerja, indikator kunci LMM, penerapan biomekanika, antropometri serta aplikasinya dalam perancangan fasilitas kerja, dan penelitian terdahulu.

2.2.1 Konsep Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain atau perancangan (Nurmianto, 2008). Menurut Satalaksana (1979), ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk 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, dan nyaman. Pendekatan disiplin ilmu ergonomi diarahkan pada upaya memperbaiki performa kerja manusia ketepatan dan keselamatan kerja di samping mengurangi timbulnya kelelahan (*fatigue*) yang terlalu cepat dan mampu memperbaiki pendayagunaan sumber daya manusia serta meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia.

Ergonomi merupakan ilmu, seni, dan penerapan teknologi yang digunakan untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara fasilitas yang digunakan dengan kemampuan dan keterbatasan manusia sehingga kualitas hidup bisa menjadi lebih baik (Tarwaka, 2004). Disiplin ergonomi secara khusus akan mempelajari keterbatasan dari kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buatannya untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif dan efisien (Wignjosoebroto, 2000).

Iftizar Z. Satalaksana dkk (1997) merumuskan ergonomi sebagai suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang yang hidup dan bekerja dalam sistem tersebut mencapai tujuan yang diinginkan dengan efektif, aman, dan nyaman. Dalam hal perancangan alat atau stasiun kerja, penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (*design*) atau rancang ulang (*redesign*) (Nurmianto, 2005).

2.2.2 Sikap Kerja Ergonomi

Sikap kerja pada saat bekerja sebaiknya dilakukan secara normal sehingga dapat mencegah timbulnya cedera *musculoskeletal*. Rasa nyaman dapat dirasakan apabila pekerja melakukan sikap kerja yang baik. Pada saat bekerja perlu diperhatikan postur tubuh dalam keadaan seimbang agar dapat bekerja dengan nyaman dan aman (Merulalia, 2010). Posisi tubuh dalam beraktivitas melakukan pekerjaan dipengaruhi oleh hubungan antara dimensi kerja dengan variasi tempat kerja. Sikap kerja dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Sikap kerja alamiah

Sikap kerja alamiah adalah sikap kerja atau posisi kerja yang sesuai dengan bentuk alamiah kurva tulang belakang. Misalnya pada sikap kerja duduk yang paling baik adalah sedikit lordose pada pinggang dan sedikit kifose pada punggung. Dengan posisi seperti ini pengaruh buruk pada tulang belakang terutama pada *lumbosacral* dapat dikurangi. Hal ini dapat dicapai dengan penggunaan kursi dengan sandaran pinggang yang sesuai dengan bentuk anatomis alami tulang belakang.

2. Sikap Kerja Tidak Alamiah

Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka akan semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot skeletal. Sikap kerja tidak alamiah ini pada umumnya karena karakteristik tuntutan tugas, alat kerja dan stasiun kerja tidak sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan pekerja. Posisi tubuh atau sikap kerja yang tidak alamiah dan cara kerja yang tidak ergonomis dalam waktu lama dan terus menerus dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada pekerja antara lain :

- a. Rasa sakit pada bagian-bagian tertentu sesuai jenis pekerjaan yang dilakukan seperti pada tangan, kaki, perut, punggung, pinggang dan lain-lain.
- b. Menurunnya motivasi dan kenyamanan kerja.
- c. Gangguan gerakan pada bagian tubuh tertentu (kesulitan mengerakkan kaki, tangan atau leher/kepala).

- d. Dalam waktu lama bisa terjadi perubahan bentuk tubuh (tulang miring, bongkok).

Menurut Pheasant (1991), sikap tubuh (*posture*) manusia secara mendasar yaitu:

1. Sikap duduk

Sikap kerja duduk merupakan sikap kerja yang kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja. Duduk memerlukan lebih sedikit energi daripada berdiri karena hal itu dapat mengurangi banyaknya beban otot statis pada kaki. Kegiatan bekerja sambil duduk harus dilakukan secara ergonomi sehingga dapat memberikan kenyamanan dalam bekerja.

2. Sikap berdiri (*standing*)

Sikap kerja dengan posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada kedua kaki. Berdiri dengan posisi benar yaitu dengan tulang punggung yang lurus dan bobot badan terbagi rata pada kedua kaki.

3. Sikap berbaring (*lying*)

Sikap kerja terlentang dengan bagian lordosis dipertahankan dengan pada dan lutut dalam posisi 45° .

4. Sikap jongkok

Sikap kerja dengan posisi lutut, paha, badan, dan lumbal semua dalam posisi fleksi maksimal.

Menurut Bridger (1995), sikap kerja seseorang dipengaruhi oleh 4 faktor diantaranya adalah:

1. Fisik: umur, jenis kelamin, ukuran antropometri, berat badan, kesegaran jasmani, kemampuan gerakan sendi, dan penglihatan.
2. Jenis keperluan tugas: pekerjaan memerlukan ketelitian, kekuatan tangan, ukuran tempat duduk, giliran tugas, dan waktu istirahat.
3. Desain tempat kerja: seperti ukuran tempat duduk, ketinggian landasan kerja, kondisi bidang pekerjaan, dan faktor lingkungan.
4. Lingkungan kerja (*environment*): intensitas penerangan, suhu lingkungan, kelembaban udara, kecepatan udara, kebisingan, debu, dan getaran.

2.2.3 Faktor Resiko Sikap Kerja Terhadap Gangguan Musculoskeletal

Sikap kerja merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya gangguan *musculoskeletal*. Sikap kerja yang biasa dilakukan oleh manusia antara lain duduk, berdiri, membungkuk, jongkok, berjalan, dan sebagainya. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan ini biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* atau cedera pada sistem muskuloskeletal. Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua (Tarwaka, 2004), yaitu :

1. Keluhan sementara (*reversible*)

Keluhan sementara yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan.

2. Keluhan menetap (*persistent*)

Keluhan menetap yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut. 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. Keluhan otot *skeletal* pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang.

Penjelasan mengenai gangguan musculoskeletal yang dapat terjadi berkaitan dengan sikap kerja, yaitu:

1. Sikap kerja duduk

Sikap kerja duduk mengakibatkan munculnya keluhan pada punggung bagian bawah, karena pada saat duduk maka otot bagian paha tertarik dan bertentangan dengan bagian pinggul. Akibatnya tulang *pelvis* akan miring ke belakang dan tulang belakang bagian lumbar L3/L4 akan mengendor.

Ketegangan dan rasa sakit bekerja dengan sikap duduk dapat dikurangi dengan merancang tempat duduk yang nyaman. Sikap kerja duduk pada kursi membutuhkan sandaran untuk menopang punggung, yang memungkinkan pergerakan maju-mundur untuk melindungi bagian *lumbar*. Sandaran harus

dirancang dengan tonjolan ke depan untuk memberi ruang bagi lumbar yang menekuk.

2. Sikap kerja berdiri

Sikap kerja berdiri merupakan sikap kerja yang paling sering dilakukan saat bekerja. Berat tubuh akan ditopang oleh satu atau dua kaki. Aliran berat tubuh mengalir pada kedua kaki menuju tanah karena adanya gaya gravitasi bumi. Kestabilan posisi tubuh saat berdiri dipengaruhi posisi kedua kaki. Posisi kaki yang sejajar lurus dengan jarak sesuai tulang pinggul akan menjaga tubuh sehingga tidak tergelincir. Selain itu perlu menjaga kelurusan antara anggota tubuh bagian atas dengan tubuh bagian bawah.

3. Sikap kerja membungkuk

Sikap kerja membungkuk merupakan salah satu sikap kerja yang tidak nyaman dan sering menimbulkan rasa sakit. Posisi ini menimbulkan ketidaknyamanan karena tidak adanya keseimbangan dan tidak menjaga kestabilan tubuh saat bekerja. Sikap kerja membungkuk yang dikerjakan berulang dan dalam kurun waktu yang lama akan mengakibatkan pekerja mengalami nyeri pada punggung bagian bawah (*low back pain*).

2.2.4 *Manual Material Handling*

Manual handling didefinisikan sebagai suatu pekerjaan yang berkaitan dengan mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, menahan, membawa atau memindahkan beban dengan satu tangan atau kedua tangan dan atau dengan pengerahan seluruh badan. *Manual Material Handling* (MMH) dapat diartikan sebagai tugas pemindahan barang, aliran material, produk akhir atau benda-benda lain yang menggunakan manusia sebagai sumber tenaga. Sebagai contoh beban ditopang dengan bahu atau dipanggul. Pekerjaan *manual handling* akan dapat menyebabkan stress pada kondisi fisik pekerja seperti pengerahan tenaga, sikap tubuh yang dipaksakan dan gerakan berulang yang dapat mengakibatkan terjadinya cedera, energi terbuang secara percuma dan waktu kerja tidak efisien.

Aktivitas pengangkatan secara manual adalah aktivitas yang termasuk dalam kategori kerja berat. Cara pengangkatan adalah salah satu faktor yang sangat penting pada aktivitas pengangkatan. Faktor resiko yang dapat terjadi apabila cara

pengangkatan yang dilakukan salah terjadi beban yang sangat berat pada otot, dan gangguan pada punggung pekerja (Grandjean, 1986). Nurmianto (2004) menyatakan bahwa pemindahan bahan secara manual apabila tidak dilakukan secara ergonomis akan menimbulkan kecelakaan dalam industri. Kecelakaan industri (*industrial accident*) yang disebut sebagai “*Over Exertion-lifting and carrying*” yaitu kerusakan jaringan tubuh yang diakibatkan oleh beban angkat berlebih. Selain masalah cara pengangkatan, salah satu faktor yang juga harus diperhatikan adalah beban yang diangkat. Faktor resiko yang dominan yang berkaitan dengan terjadinya cedera akibat pekerjaan *manual handling* antara lain meliputi, (Tarwaka, 2010):

1. Sikap tubuh yang tidak alamiah dan dipaksakan
2. Gerakan berulang
3. Pengerahan badan berlebihan
4. Sikap kerja statis, dll

Selama ini pengertian MMH hanya sebatas pada kegiatan *lifting* dan *lowering* yang melihat aspek kekuatan vertikal. Kegiatan MMH menurut pendapat McCormick dan Sanders (1994) yang sering dilakukan oleh pekerja di dalam industri yaitu:

1. Kegiatan pengangkatan benda (*lifting task*)
2. Kegiatan pengantaran benda (*carrying task*)
3. Kegiatan mendorong benda (*pushing task*)
4. Kegiatan menarik benda (*pulling task*)

2.2.5 Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map adalah sistem pengukuran keluhan sakit pada tubuh yang dikenal dengan muskuloskeletal. Sistem muskuloskeletal menyediakan bentuk, dukungan, stabilitas, dan gerakan tubuh. Melalui *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). Menurut Kroemer (2001), kuesioner NBM merupakan kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan atau kesakitan pada tubuh. Kuesioner ini sudah cukup terstandarisasi dan tersusun rapi.

Adanya keluhan otot skeletal yang terkait dengan ukuran tubuh manusia lebih disebabkan oleh tidak adanya kondisi keseimbangan struktur rangka di dalam menerima beban, baik beban berat tubuh maupun beban tambahan lainnya. Misalnya tubuh yang tinggi rentan terhadap beban tekan dan tekukan, oleh sebab itu mempunyai resiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot skeletal (Wignjosebroto, 2000). Kuesioner NBM terhadap segmen-segmen tubuh ditampilkan dalam gambar 2.6.



Gambar 2.6 Segmen Tubuh Manusia

2.2.6 Metode Analisis Postur Kerja Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Metode REBA atau *Rapid Entire Body Assessment* dikembangkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn McAtamney yang merupakan seorang ergonom dari salah satu universitas di Nottingham (*University of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomics*). REBA merupakan suatu metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi dan dapat digunakan secara cepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki seorang yang sedang melakukan aktivitas kerja. Selain itu metode ini juga dipengaruhi oleh faktor *coupling*, beban eksternal yang ditopang oleh tubuh serta aktivitas pekerja. Penilaian dengan menggunakan metode REBA tidak membutuhkan waktu lama untuk melengkapi dan melakukan *scoring general* pada daftar aktivitas yang

mengindikasikan perlu adanya pengurangan resiko yang diakibatkan postur kerja operator (McAtamney dan Hignett, 2000).

Metode ergonomi tersebut mengevaluasi postur, kekuatan, aktivitas dan faktor *coupling* yang menimbulkan cedera akibat aktivitas yang berulang-ulang. Penilaian postur kerja dengan metode ini dengan cara pemberian skor resiko antara satu sampai lima belas, yang mana skor tertinggi menandakan level yang mengakibatkan resiko yang besar (bahaya) untuk dilakukan dalam bekerja. Hal ini berarti bahwa skor terendah akan menjamin pekerjaan yang diteliti bebas dari *ergonomic hazard*. REBA dikembangkan untuk mendeteksi postur kerja yang beresiko dan melakukan perbaikan sesegera mungkin.

Penilaian postur kerja dengan menggunakan metode ini yaitu dengan cara pemberian skor resiko antara 1 sampai 15, skor tertinggi menandakan level yang mengakibatkan resiko yang besar (bahaya) untuk dilakukan dalam proses kerja. Hal ini berarti bahwa skor terendah akan menjamin pekerjaan yang diteliti bebas dari *ergonomic hazard*. Metode REBA dikembangkan untuk mendeteksi postur kerja yang beresiko sehingga dapat dilakukan langkah pencegahan yaitu dengan perbaikan segera. Penilaian menggunakan metode REBA yang telah dilakukan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn McAtamney dijelaskan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut (McAtamney dan Hignett, 2000):

A. Pengambilan data postur pekerja dengan menggunakan bantuan foto atau video

Gambaran postur kerja pekerja pada posisi leher, punggung, lengan, pergelangan tangan hingga kaki diperoleh dengan memotret atau merekam pekerja saat melakukan aktivitas kerja. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data postur tubuh secara detail, sehingga dari hasil rekaman dan hasil foto bisa diperoleh data akurat untuk tahap perhitungan serta analisis selanjutnya.

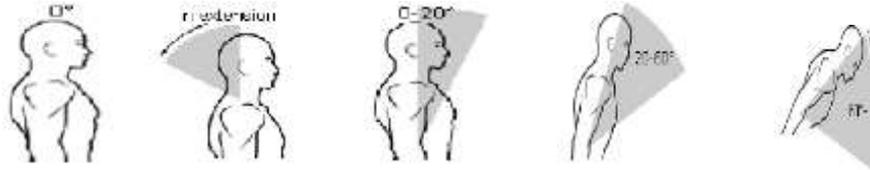
B. Penentuan sudut dari bagian tubuh pekerja

Pada penilaian dengan menggunakan metode REBA, segmen-segmen tubuh dibagi menjadi 2 kelompok yaitu grup A dan grup B. Grup A meliputi bagian punggung (batang tubuh), leher, dan kaki. Sementara grup B meliputi lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Skor berdasarkan data sudut segmen tubuh pada masing-masing grup dapat diketahui, kemudian dengan skor tersebut

digunakan untuk mendapatkan nilai *table A score* berdasarkan tabel A dan nilai *table B score* berdasarkan tabel B.

➤ **Grup A**

1) Batang tubuh (*Trunk*)



Gambar 2.7 Postur tubuh bagian batang tubuh (*Trunk*)

Tabel 2.1 Skor batang tubuh

Locate Trunk Position	Score	Adjustment
Posisi normal (tegak lurus)	1	+1 jika batang tubuh berputar/bengkok/bungkuk
0-20° (ke depan maupun belakang)	2	
< -20° atau 20°-60°	3	
>60°	4	

2) Leher (*Neck*)

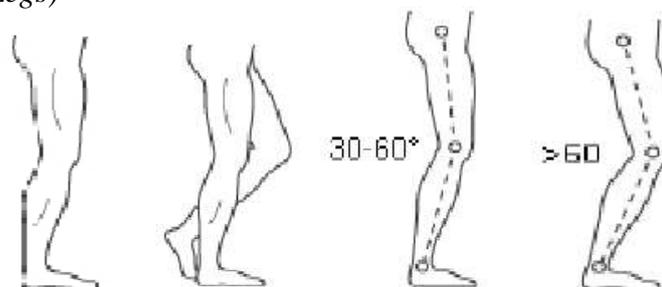


Gambar 2.8 Postur tubuh bagian leher (*Neck*)

Tabel 2.2 Skor leher (*Neck*)

Locate Neck Position	Score	Adjustment
10°-20°	1	+1 jika leher berputar/bengkok
>20° (ke depan maupun belakang)	2	

3) Kaki (*Legs*)



Gambar 2.9 Postur tubuh bagian kaki

Tabel 2.3 Skor kaki (*Legs*)

Locate Legs Position	Score	Adjustment
Posisi normal/seimbang (berjalan atau duduk)	1	+1 jika lutut antara 30 ⁰ -60 ⁰ +2 jika lutut >60 ⁰
Bertumpu pada satu kaki lurus	2	

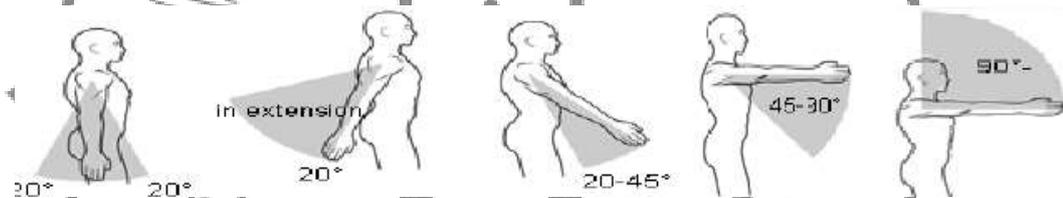
4) Beban (*Load*)

Tabel 2.4 Skor beban (*Load*)

Load	Score	Adjustment
< 5 kg	0	+1 jika kekuatan cepat
5 – 10 kg	1	
> 10 kg	2	

➤ **Grup B**

5) Lengan atas (*Upper Arm*)

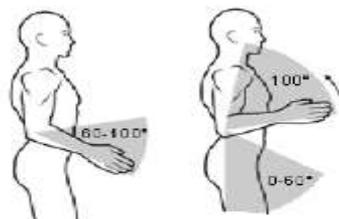


Gambar 2.10 Postur tubuh bagian lengan atas (*Upper Arm*)

Tabel 2.5 Skor lengan atas (*Upper Arm*)

Locate Upper Arm Position	Score	Adjustment
20 ⁰ (ke depan maupun ke belakang)	1	+1 jika bahu naik +1 jika lengan berputar/bengkok +1 jika miring, menyangga berat dari lengan
>20 ⁰ (ke belakang) atau 20 ⁰ -45 ⁰	2	
45 ⁰ – 90 ⁰	3	
> 90 ⁰	4	

6) Lengan bawah (*Lower Arm*)

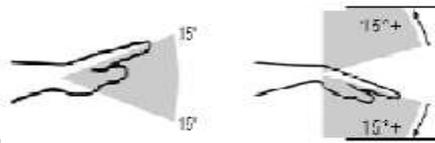


Gambar 2.11 Postur tubuh bagian lengan bawah (*Lower Arm*)

Tabel 2.6 Skor lengan bawah (*Lower Arm*)

Locate Lower Arm Position	Score
60 ⁰ - 100 ⁰	1
< 60 ⁰ atau > 100 ⁰	2

7) Pergelangan tangan (*Wrist*)



Gambar 2.12 Postur tubuh bagian pergelangan tangan (*Wrist*)

Tabel 2.7 Skor pergelangan tangan (*Wrist*)

Locate Lower Arm Position	Score	Adjustment
0 ⁰ -15 ⁰ (ke atas maupun ke bawah)	1	+ jika pergelangan tangan putaran menjauhi sisi tengah
>15 ⁰ (ke atas maupun ke bawah)	2	

C. Penentuan berat benda yang diangkat, *coupling*, dan aktivitas pekerja

Selain memberikan skor pada masing-masing segmen tubuh, faktor lain yang perlu disertakan adalah berat beban, *coupling*, dan aktivitas pekerja. Masing-masing faktor tersebut juga memiliki kategori skor sebagai berikut:

➤ **Adjustment**

8) *Coupling* (kopling)

Tabel 2.8 Skor *Coupling*

<i>Coupling</i>	Score	Keterangan
Baik	0	Kekuatan pegangan baik
Sedang	1	Pegangan bagus tetapi tidak ideal atau kopling cocok dengan bagian tubuh
Kurang baik	2	Pegangan tangan tidak sesuai walaupun mungkin
Tidak dapat diterima	3	Kaku, pegangan tidak nyaman, tidak ada pegangan atau kopling tidak sesuai dengan bagian tubuh

9) *Force/ load* (beban), diberi skor:

0 untuk beban < 2kg (pembebanan sesekali)

1 untuk beban 2-10 kg (pembebanan sesekali)

2 untuk beban 2-10 kg (pembebanan statis atau berulang-ulang)

3 untuk beban > 10 kg (berulang-ulang atau sentakan cepat)

Tabel 2.9 Skor Aktivitas

Aktivitas	Score	Keterangan
Postur statik	1	1 atau lebih bagian tubuh statis/diam, contoh: memegang lebih dari 1 menit
Pengulangan	1	Tindakan berulang-ulang contoh: mengulangi >4kali per menit
Ketidakstabilan	1	Tindakan menyebabkan jarak yang besar dan cepat pada postur (tidak stabil)

D. Perhitungan nilai REBA untuk postur kerja yang bersangkutan

Setelah diperoleh skor dari tabel REBA A kemudian dijumlahkan dengan skor untuk berat beban yang diangkat sehingga didapatkan nilai bagian A. Sementara skor dari tabel REBA B dijumlahkan dengan skor dari tabel *coupling* sehingga diperoleh nilai bagian B. Dari nilai bagian A dan B dapat digunakan untuk memperoleh nilai bagian C berdasarkan tabel REBA C. Nilai REBA didapatkan dari hasil penjumlahan nilai bagian C dengan nilai aktivitas pekerja. Berdasarkan nilai REBA tersebut dapat diketahui level resiko dan tindakan yang perlu dilakukan untuk mengurangi resiko serta perbaikan metode kerja.

Level resiko yang terjadi dapat diketahui berdasarkan nilai *Final REBA Score*. Berikut akan dijelaskan level resiko dan tindakan yang harus dilakukan terhadap suatu pekerjaan:

Tabel 2.10 Level Resiko dan Tindakan

Skor REBA	Level Resiko	Level Tindakan	Tindakan
1	Dapat diabaikan	0	Tidak diperlukan perbaikan
2-3	Kecil	1	Mungkin diperlukan perbaikan
4-7	Sedang	2	Perlu dilakukan perbaikan
8-10	Tinggi	3	Segera dilakukan perbaikan
11-15	Sangat Tinggi	4	Dilakukan perbaikan sekarang juga

2.2.8 Beban Kerja

Beban kerja (*work load*) dapat didefinisikan sebagai suatu perbedaan antara kapasitas atau kemampuan kerja dengan tuntutan pekerjaan yang harus dihadapi. Mengingat kerja tingkat pembebanan yang berbeda-bedamanusia bersifat mental

dan fisik, maka masing-masing mempunyai tingkat pembebanan yang berbeda-beda. Menurut Hard & Staveland (1988), bahwa beban kerja merupakan sesuatu yang muncul dari interaksi antara tuntutan tugas-tugas, lingkungan kerja dimana digunakan sebagai tempat kerja, ketrampilan, perilaku dan persepsi dari pekerja. Beban kerja juga didefinisikan secara operasional pada berbagai faktor seperti tuntutan tugas atau upaya-upaya yang dilakukan untuk melakukan pekerjaan. Pada umumnya, tingkat intensitas pembebanan kerja optimum akan dapat dicapai, apabila tidak ada tekanan dan ketegangan yang berlebihan baik secara fisik maupun mental. (Tarwaka, 2010).

Salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja adalah dengan pengukuran denyut jantung. Pengukuran denyut jantung selama kerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Denyut nadi untuk mengestimasi indek beban kerja fisik terdiri dari beberapa jenis yang didefinisikan oleh Grandjean (1993) yaitu:

1. Denyut nadi istirahat adalah rerata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai
2. Denyut nadi kerja adalah rerata denyut nadi selama bekerja
3. Nadi kerja adalah selisih antara denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja.

Klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskuler (*cardiovascular load* = % CVL) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut (Manuaba dan Vanwonderghem, 1996):

$$\%CVL = \frac{100 \times (\text{Denyut Nadi Kerja} - \text{Denyut Nadi Istirahat})}{\text{Denyut Nadi Maksimum} - \text{Denyut Nadi Istirahat}} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana denyut nadi maksimum adalah (220- umur) untuk laki-laki dan (200-umur) untuk wanita (Astrand dan Rodahl, 1977). Dari hasil penghitungan % CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan seperti di bawah ini.

Tabel 2.11 Klasifikasi Beban Kerja Berdasarkan %CVL

Range	Klasifikasi
<30%	Tidak terjadi kelelahan
30 - < 60%	Diperlukan perbaikan
60 - < 80%	Kerja dalam waktu singkat
80 - < 100%	Diperlukan tindakan segera
>100%	Tidak diperbolehkan beraktivitas

2.2.9 Indikator Kunci LMM

Selama dilakukan pekerjaan *manual handling* untuk objek yang berat seperti mengangkat, menahan, memindahkan dan menurunkan objek, maka akan dapat menyebabkan resiko cedera atau menyebabkan gangguan sistem muskuloskeletal, khususnya pada pinggang. Untuk menilai resiko seperti tersebut diatas dengan metode Indikator Kunci LMM (*Leitmerk Mal Methode*) Metode ini digunakan didalam penilaian resiko selama dilakukan pekerjaan *manual handling* untuk objek kerja yang berat dengan mempertimbangkan empat (4) faktor atau parameter stress fisik terjadi selama pekerjaan *manual handling* yaitu waktu (*time*), beban (*load*), sikap tubuh (*body posture*) dan kondisi selama kerja (*Condition of Performing Work*). Penilaian metode indikator kunci tersebut yaitu:

1. Rating indikator waktu (Time Indicator – T)

Indikasi berat ringanya dari lama waktu ketika seseorang menangani beban/objek kerja dapat dinilai, yang didasarkan pada jenis aktivitas *manual handling* dengan memilih salah satu dari ketiga bentuk tentang bagaimana penanganan beban biasanya dilakukan dapat dinilai yang didasarkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.12 Penilaian Waktu Didasarkan Jenis *Manual handling*

Mengangkat atau Operasi Pemindahan (<5 detik)		Menahan/Menopang Objek (>5 detik)		Memindahkan Objek pada Jarak > 5m	
Frekuensi (Jumlah/1 hari kerja)	Rating Waktu (Skor)	Total Durasi Menahan/ 1 hari kerja (menit)	Rating Waktu (Skor)	Jarak Selama 1 hari	Rating Waktu (Skor)
<10	1	<5	1	<0,3	1
10 - <40	2	5 - <15	2	0,3 - <1	2
40 - <200	4	15 - <60	4	1 - <4	4
200 - <500	6	60 - <120	6	4 - <8	6
500 - <1000	8	120 - <240	8	8 - <16	8
>1000	10	>240	10	>16	10

Sumber: Simanjuntak, 2011

2. Rating Indikator Massa/Beban (*Mass Indicator- M*)

Indikasi berat ringannya beban kerja oleh karena massa dari suatu objek yang dikerjakan yang dapat dinilai didasarkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.13 Penilaian Massa/Beban terhadap Beban Efektif

Berat Kerja Untuk Laki-laki (Kg)	Rating Beban	Beban Efektif untuk Wanita (Kg)	Rating Beban (Skor)
<10	1	<5	1
10 - <20	2	5 - <10	2
20 - <30	4	10 - <15	4
30 - <40	7	16 - <25	7
>40	10	>25	10

Sumber: Simanjuntak, 2011

3. Rating Indikator Sikap Tubuh (*Body Posture Indicator – P*)

Indikasi berat ringannya faktor sikap tubuh dinilai atau rating berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 2.14 Penilaian Sikap Tubuh terhadap Jenis Sikap Tubuh dan Posisi Beban

Sikap Tubuh, Posisi Beban Hubungannya dengan Tubuh	Rating Sikap (Skor)
Sedikit membungkuk ke depan atau sedikit memuntirkan badan, tetapi tubuh bagian atas tidak memutar	1
Beban berada dekat dengan badan atau di atas ketinggian bahu. Membungkuk sampai bawah dan membungkuk ke depan cukup jauh	2
Sedikit membungkuk ke depan atau dengan memuntirkan badan secara stimulan. Beban berada jauh dari badan atau di atas bahu	3
Membungkuk ke depan atau dengan memuntirkan badan secara stimulan. Beban berada jauh dari badan atau di atas bahu. Stabilitas tubuh terbatas, pada saat berdiri. Jongkok dan atau berlutut	4

Sumber: Simanjuntak, 2011

4. Rating Indikator Kondisi Kerja (*Working Condition Indicator – W*)

Indikator berat ringannya kondisi kerja, salah satu yang harus dipertimbangkan adalah kondisi kerja yang dominan selama periode kerja secara keseluruhan yang dapat dinilai didasarkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.15 Penilaian Indikator Kondisi Kerja

Penjelasan Kondisi pada saat Melakukan Pekerjaan	Rating Kondisi Kerja (Skor)
Kondisi kerja dengan sikap tubuh yang baik, tidak menghalangi beban kerja, serta pencahayaan yang sesuai	0
Ruang gerak yang terbatas serta keadaan lantai yang tidak rata membuat stabilitas tubuh terganggu	1
Ruang untuk bekerja sangat terbatas dan sulit untuk melakukan pemindahan bahan	2

Sumber: Simanjuntak, 2011

Hasil penilaian adalah berupa skor (O), selanjutnya O dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$O = T \times (M + P + W) \dots\dots\dots(2-2)$$

Berdasarkan hasil yang dihitung (O) dapat menilai secara kasar tingkat resiko pekerjaan *manual handling*, berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 2.16 Penilaian Resiko Berkaitan dengan Beban Kerja Final Skor

Final Skor (O)	Penjelasan Beban Kerja, Frekuensi dan Efek	Tingkat Resiko	Sarana Preventif
<10	Situasi beban kerja rendah pembebanan fisik jarang muncul	1	Tidak diperlukan perbaikan
10-25	Situasi beban kerja meningkat. Pembebanan fisik kemungkinan terjadi untuk pekerjaan tertentu	2	Belum, diperlukan adanya perbaikan. (pengaturan kembali tempat kerja)
25-50	Situasi beban kerja meningkat tinggi serta pemebebanan berlebih	3	Diperlukan perbaikan agar mengurangi stress fisik bagi pekerja
>50	Situasi beban kerja tinggi. Sering terjadi kelelahan pada pembebanan fisik	4	Dilakukan perubahan dan perbaikan segera mungkin

Sumber: Simanjuntak, 2011

2.2.10 Penerapan Biomekanika

Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi. Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh makhluk hidup. Dalam biomekanika prinsip-prinsip mekanika dipakai dalam penyusunan konsep, analisis, disain dan pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedokteran. Menurut Frankel dan Nordin (1980), biomekanika merupakan ilmu mekanika teknik untuk analisa sistem kerangka otot manusia. Biomekanika menggunakan konsep fisika dan teknik untuk menjelaskan gerakan pada bermacam-macam bagian tubuh dan gaya yang bekerja pada bagian tubuh pada aktivitas sehari-hari (Chaffin, 1991). Kajian biomekanik dapat dilihat dalam dua perspektif, yaitu kinematika yang lebih menjurus pada karakteristik gerakan yaitu meneliti gerakan dari segi ruangan yang digunakan dalam waktu yang bersifat sementara tanpa melihat gaya yang menyebabkan gerakan.

Studi kinematika menjelaskan gerakan yang menyebabkan berapa cepat obyek bergerak, berapa ketinggiannya atau berapa jauh obyek menjangkau jarak.

Posisi, kecepatan dan percepatan tersebut merupakan studi kinematika. Kajian kinetika menjelaskan tentang gaya yang bekerja pada satu sistem, misalnya tubuh manusia. Kajian gerakan kinetika menjelaskan gaya yang menyebabkan gerakan. Dibandingkan dengan kajian kinematika, kajian kinetika lebih sulit untuk diamati, pada kajian kinetik yang terlihat adalah akibat dari gaya. Jadi, Biomekanika merupakan disiplin sumber ilmu yang mengintegrasikan faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan manusia, yang diambil dari pengetahuan dasar fisika, matematika, kimia, fisiologi, anatomi dan konsep rekayasa untuk menganalisa gaya yang terjadi pada tubuh. Biomekanika dapat dijelaskan melalui beberapa konsep seperti penjelasan berikut:

1. Biomekanika pada Ergonomi

Kegiatan kerja manusia dapat dikelompokkan menjadi kerja fisik (otot) dan kerja mental (otak). Tubuh manusia dirancang untuk melakukan kerja (dalam hal ini kerja fisik) atau aktivitas sehari-hari, adanya masa otot yang bobotnya lebih dari separuh tubuh memungkinkan manusia untuk dapat menggerakkan tubuh dan melakukan kerja. Dari sudut pandang ergonomi, setiap beban kerja yang diterima oleh seseorang harus sesuai dan seimbang terhadap kemampuan fisik, kognitif, maupun keterbatasan manusia menerima beban tersebut. Kemampuan atau keterbatasan manusia tersebut termasuk dalam hal gerakan atau postur kerja dan gaya atau beban kerja. Disinilah biomekanika berperan. Biomekanika merupakan ilmu yang menggunakan hukum-hukum fisika dan konsep-konsep mekanika untuk mendeskripsikan gerakan dan gaya pada berbagai macam bagian tubuh ketika melakukan aktivitas. Karena biomekanika hanya berbicara dalam masalah fisik maka biomekanika termasuk dalam ranah ergonomi fisik.

2. Biomekanika dan Perancangan Kerja

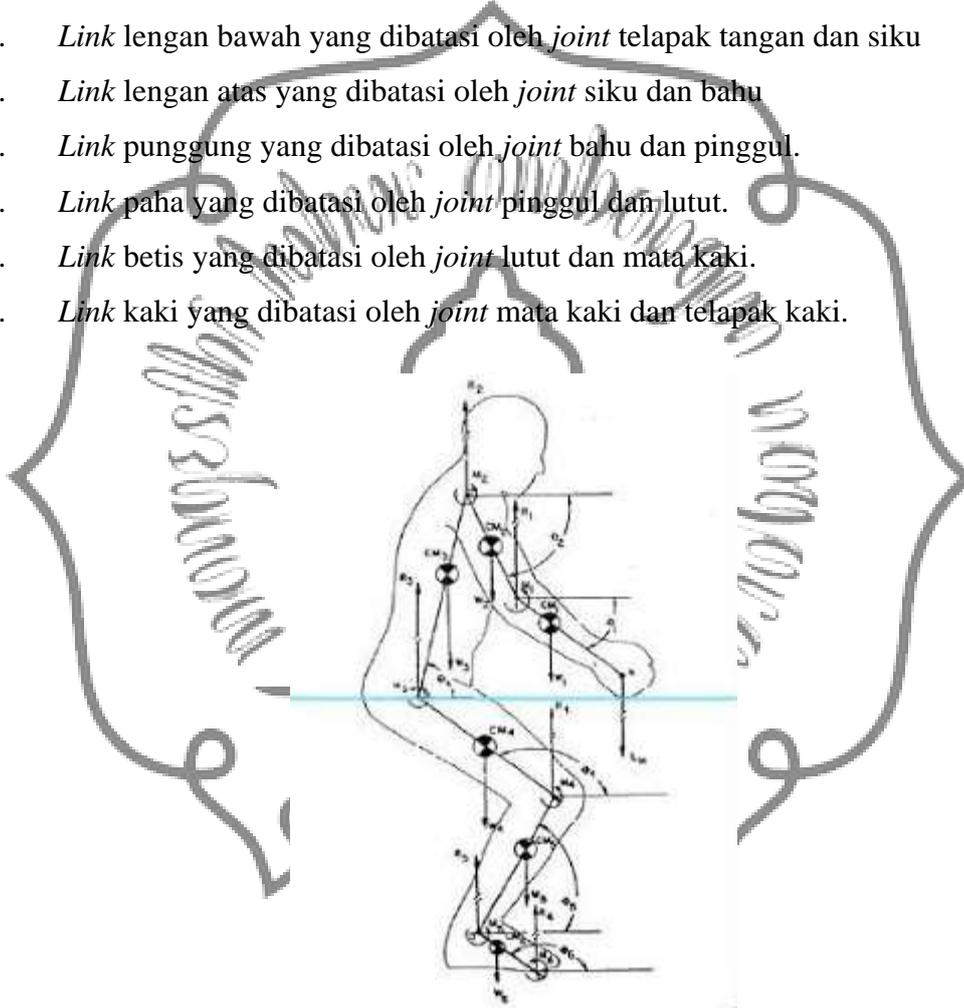
Penelitian aspek biomekanika akan sangat berkaitan dengan postur kerja, beban kerja dan proses perancangan peralatan kerja misalnya pembuatan alat bantu gerak yang dapat digunakan untuk meringankan penderita cacat maupun peralatan kerja lainnya. Peralatan yang digunakan secara langsung sehubungan dengan fisik manusia perlu rancangan agar sesuai dengan keadaan biomekanika seseorang. Penggunaan kekuatan otot yang berlebihan untuk menggunakan atau menggerakkan peralatan dapat mengakibatkan cedera. Penerapan biomekanika menghindari hal

tersebut, dan mengupayakan agar dengan pengeluaran energi yang minimum namun dapat dicapai hasil yang optimal.

3. Biomekanika Kerja Tubuh

Dalam analisis biomekanika, tubuh manusia dipandang sebagai sistem yang terdiri dari *link* (penghubung) dan *joint* (sambungan), tiap *link* mewakili segmen-segmen tubuh tertentu dan tiap *joint* menggambarkan sendi yang ada. Menurut Chaffin dan Anderson tubuh manusia terdiri dari enam *link*, yaitu:

1. *Link* lengan bawah yang dibatasi oleh *joint* telapak tangan dan siku
2. *Link* lengan atas yang dibatasi oleh *joint* siku dan bahu
3. *Link* punggung yang dibatasi oleh *joint* bahu dan pinggul.
4. *Link* paha yang dibatasi oleh *joint* pinggul dan lutut.
5. *Link* betis yang dibatasi oleh *joint* lutut dan mata kaki.
6. *Link* kaki yang dibatasi oleh *joint* mata kaki dan telapak kaki.



Gambar 2.13 Tubuh sebagai sistem enam *link* dan *joint*
Sumber : Chaffin dan Anderson (1991)

Seperti yang disebutkan di atas bahwa manusia dapat disamakan dengan segmen benda jamak maka panjang setiap *link* dapat diukur berdasarkan persentase tertentu dari tinggi badan, sedangkan beratnya berdasarkan persentase dari berat badan. Penentuan letak pusat massa tiap *link* didasarkan pada persentase standar yang ada. Panjang setiap *link* tiap segmen berotasi di sekitar sambungan dan mekanika terjadi mengikuti hukum newton. Prinsip-prinsip ini digunakan untuk

menyatakan gaya mekanik pada tubuh dan gaya otot yang diperlukan untuk mengimbangi gaya-gaya yang terjadi. Secara umum pokok bahasan dari biomekanika adalah untuk mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material dan peralatan dengan tujuan untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktivitas kerja dapat meningkat. Menghindari keluhan pada sistem kerangka otot dapat ditanggulangi dengan perancangan sistem kerja seperti alat kerja atau postur kerja yang ergonomis seperti yang telah disebutkan di atas atau melakukan pengendalian administratif (pemilihan personil yang tepat, pelatihan tentang teknik-teknik penanganan material). Misalnya pada gerakan jalan yang terpenting adalah keseimbangan. Gerakan ini akan memperlihatkan bagaimana kedua kaki saling menyeimbangkan berat tubuh dalam pergerakan berpindah. Untuk pengguna alat bantu pada kaki gerak terlihat bagaimana alat bantu tersebut menyeimbangkan pasien dalam berjalan sehingga alat tersebut nyaman dipakai.

4. Biomekanika dan Manual Material Handling

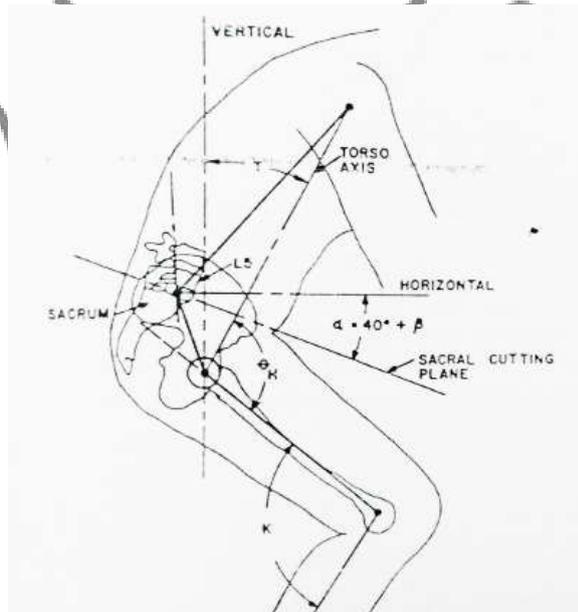
Titik berat bahasan biomekanika adalah pada fisik manusia khususnya pada saat manusia melakukan kegiatan penanganan material secara manual (*Manual Material Handling / MMH*) yang biasanya tanpa menggunakan alat bantu apapun. Contoh MMH adalah pengangkatan dan pemindahan secara manual, atau pekerjaan lain yang dominan menggunakan otot tubuh. Pekerjaan penanganan material secara manual (*Manual Material Handling*) yang terdiri dari mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa merupakan sumber utama keluhan karyawan di industri (Ayoub & Dempsey, 1999). Meskipun kemajuan teknologi telah banyak membantu aktivitas manusia, namun tetap saja ada beberapa pekerjaan manual seperti MMH yang tidak dapat dihilangkan dengan pertimbangan biaya maupun kemudahan. Pekerjaan ini membutuhkan usaha fisik sedang hingga besar dalam durasi waktu kerja tertentu. Usaha fisik ini banyak mengakibatkan kecelakaan kerja ataupun low back pain, yang menjadi isu besar di negara-negara industri belakangan ini.

Aktivitas MMH yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan kerja. Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas MMH yang tidak benar salah satunya adalah keluhan muskuloskeletal. Apabila otot menerima beban statis

secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Khusus saat melakukan MMH jenis pengangkatan, organ tubuh yang mendapatkan pengaruh paling besar adalah pada bagian tulang belakang, biomekanika pun membahas mengenai struktur tulang belakang pada tubuh manusia. Pengangkatan manual yang dilakukan oleh operator akan membuat struktur tulang belakang mengalami tekanan yang berlebihan, meskipun pengangkatan manual tersebut dilakukan tidak terlalu sering atau dengan kata lain frekuensinya jarang. Namun, hal tersebut tetap saja memberikan pengaruh buruk terhadap struktur tulang belakang.

2.2.11 Perhitungan Gaya Tekan L5/S1

Chaffin dan Anderson (1991) menggambarkan tentang biomekanika statis pada tubuh ketika bekerja. Gambaran tersebut adalah perkiraan besarnya gaya tekan pada L5/S1 untuk suatu kegiatan angkat yang spesifik. Model ini dapat juga untuk memprediksi proporsi populasi yang akan mempunyai kekuatan pada masing-masing sambungan badan (*joint*) untuk aktivitas angkat (Chaffin dan Anderson, 1991). Mengacu pada Chaffin bahwa badan operator terbagi menjadi beberapa bagian. Keseimbangan statis dengan adanya pengaruh gaya luar (*external force*) maka momen dan gaya pada masing-masing pusat sambungan (*link centers*) dapat ditentukan besarnya.



Gambar 2.14 Link sistem Torso dan *angles* untuk model pada L5/S1
Sumber : Chaffin dan Anderson (1991)

Model tersebut meliputi system penyambungan antara sambungan pinggul dan segmen tulang belakang (*disc L5/S1*) serta meliputi pengaruh dari tekanan perut (*abdominal pressure*) yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan dari pengaruh momen dan gaya yang ada. Dengan menggunakan teknik perhitungan keseimbangan gaya pada setiap segmen tubuh manusia, maka didapat momen resultan pada L5/S1, (Tayyari, 1997). Kemudian untuk mencapai keseimbangan tubuh pada aktivitas pengangkatan, momen pada L5/S1 tersebut diimbangi gaya otot pada spinal erector (FM) yang cukup besar dan juga gaya perut (FA) sebagai pengaruh tekanan perut (PA) atau *abdominal pressure* yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan karena pengaruh momen dan gaya. Gaya otot pada *spinal erector* dirumuskan sebagai berikut.

$$FM \cdot E = M_{L5/S1} - FA \cdot D \dots\dots\dots(2-3)$$

Keterangan:

- FM = Gaya otot pada spinal erector (newton)
- E = Panjang lengan momen otot spinal erector dari L5/S1 (estimasi 0.05 m, Nurmianto:1996)
- $M_{(L5/S1)}$ = Momen resultan pada L5/S1
- F = Gaya perut (newton)
- D = Jarak dari gaya perut ke L5/S1 (0.11 m, Nurmianto:1996)

Untuk mencari gaya perut (FA) maka perlu dicari tekanan perut (PA) dengan persamaan sebagai berikut (Chaffin dan Anderson, 1991):

$$PA = \frac{10^{-4} [43 - 0,36 (\Theta H + \Theta T)] [M_{L5/S1}]^{1,8}}{75} \dots\dots\dots(2-4)$$

$$FA = PA \times AA \text{ (newton)} \dots\dots\dots(2-5)$$

Keterangan:

- PA = Tekanan perut
- AA = Luas diafragma 465 cm²
- ΘH = Sudut inklinasi perut
- ΘT = Sudut inklinasi kaki

Sedangkan persamaan untuk mencari sudut α dan β adalah sebagai berikut (Chaffin dan Anderson, 1991):

$$\beta = -17,5 - 0,12 T + 0,23 K + 0,0012 TK + 0,005 T^2 - 0,00075 K^2 \dots\dots\dots(2-6)$$

$$\alpha = 40^\circ + \beta \dots\dots\dots(2-7)$$

Model biomekanika statis dipengaruhi oleh tiga faktor yang tidak begitu dikenal (diabaikan). Faktor-faktor tersebut adalah:

- a. Kekuatan otot
- b. Puncak tekanan
- c. Gaya yang digunakan dalam angkat-angkut.

Jika dituliskan, menjadi persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma M_{L5/S1} &= 0 \\ &= b m g_{bw} + b m g_{load} - D (FA) - E (FM) = 0 \dots\dots\dots (2-8) \end{aligned}$$

$$FM = \frac{b(mg_{bw})+(h(mg_{load})-D(FA))}{E} \dots\dots\dots (2-9)$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_{L5/S1} &= 0 \\ FC &= \text{Cos } \alpha mg_{bw} + \text{Cos } \alpha mg_{load} - FA + FM \dots\dots\dots (2-10) \end{aligned}$$

Semua nilai yang dihasilkan akan memperlihatkan besarnya gaya tekanan yang ditimbulkan (Fc)

Chaffin dan Anderson (1991) menganalisis model L5/S1 sabagai berikut:

- a. Berat beban sebesar *W* dan tubuh bagian atas (*upper body*) *w* mengakibatkan momen yang besar pada L5/S1 disebabkan karena lengan *h* dan *b*
- b. Momen harus diseimbangkan oleh gaya otot yang sangat besar (*muscle force*) *FM*, karena gaya ini bereaksi dengan lengan momen sebesar *E*
- c. Nilai gaya *FM* yang besar menyebabkan besarnya nilai gaya tekan *FC* pada L5/S1

2.2.12 Antropometri

Istilah *anthropometry* berasal dari kata “*anthropos (man)*” yang berarti manusia dan “*metron (measure)*” yang berarti ukuran (Bridger, 1995). Antropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri secara luas digunakan untuk pertimbangan ergonomis dalam suatu perancangan (desain) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Antropometri merupakan suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia meliputi ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut

untuk penanganan masalah desain (Nurmianto, 2008). Aspek-aspek ergonomi dalam suatu proses rancang bangun fasilitas merupakan faktor yang penting dalam menunjang peningkatan pelayanan jasa produksi. Setiap desain produk, baik produk yang sederhana maupun produk yang sangat kompleks, harus berpedoman kepada antropometri pemakainya.

Tarwaka dan Lilik (2004) menjelaskan bahwa antropometri adalah studi tentang pengukuran yang sistematis dari fisik tubuh manusia, terutama mengenai dimensi bentuk dan ukuran tubuh yang dapat digunakan dalam klasifikasi dan perbandingan antropologis. Terdapat 3 filosofi dasar untuk suatu desain yang digunakan oleh ahli-ahli ergonomi sebagai data antropometri yang diaplikasikan (Sutalaksana, 1979) yaitu:

1. Perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim. Contoh: penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi dari pintu darurat.
2. Perancangan produk yang bisa dioperasikan di antara rentang ukuran tertentu. Contoh: perancangan kursi mobil yang letaknya bisa digeser maju atau mundur, dan sudut sandarannya pun bisa dirubah-rubah.
3. Perancangan produk dengan ukuran rata-rata. Contoh: desain fasilitas umum seperti toilet umum, kursi tunggu, dan lain- lain.

Dalam rangka untuk mendapatkan suatu perancangan yang optimum dari suatu ruang dan fasilitas akomodasi maka hal-hal yang harus diperhatikan adalah faktor-faktor seperti panjang dari suatu dimensi tubuh manusia baik dalam posisi statis maupun dinamis. Kriteria antropometri pun untuk penerapan ergonomi dibedakan menjadi antropometri statis dan antropometri dinamis. Antropometri statis adalah pengukuran yang dilakukan pada saat tubuh dalam keadaan posisi statis atau diam. Antropometri statis ini meliputi dimensi otot rangka atau skeletal yaitu antara pusat sendi (siku dengan pergelangan tangan) atau dimensi kontur yaitu dimensi permukaan tubuh (kedalaman atau tinggi duduk). Beberapa contoh pengukuran antropometri statis adalah tinggi dan berat badan, tinggi siku duduk dari tempat duduk, panjang, lebar, tinggi dan tebal anggota tubuh tertentu. Sedangkan antropometri dinamis dilakukan pada saat tubuh sedang melakukan aktivitas fisik. Pengukuran tersebut antara lain meliputi jangkauan, lebar jalan lalu lalang untuk orang yang sedang berjalan. Antropometri dinamis termasuk juga

pengukuran kisaran gerakan untuk variasi sendi, tenaga injak pada kaki kekuatan jari menggenggam (Tarwaka dan Lilik, 2004).

2.2.13 Antropometri dan Aplikasinya Dalam Perancangan Fasilitas Kerja

Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran, (tinggi, lebar, dan sebagainya), berat, dan lain-lain yang berbeda satu dengan yang lainnya. Antropometri secara luas yang digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang akan melibatkan interaksi manusia. Aplikasi antropometri meliputi perancangan areal kerja, peralatan kerja dan produk-produk konsumtif, dan perancangan lingkungan kerja fisik.

Manusia pada umumnya akan berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Terdapat beberapa faktor yang akan mempengaruhi ukuran tubuh manusia diantaranya:

1. Umur

Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur yaitu sejak awal kelahiran sampai dengan umur sekitar 20 tahunan. Dari suatu penelitian yang dilakukan oleh A. F. Roche dan G. H. Davila (1972) di USA diperoleh kesimpulan bahwa laki-laki akan tumbuh dan berkembang naik sampai dengan usia 21,2 tahun, sedangkan wanita 17,3 tahun. Meskipun ada 10 % yang masih terus bertambah tinggi sampai usia 23,5 tahun (laki-laki) dan 21,1 tahun (wanita). Setelah itu, tidak lagi akan terjadi pertumbuhan bahkan justru akan cenderung berubah menjadi pertumbuhan menurun ataupun penyusutan yang dimulai sekitar umur 40 tahunan.

2. Jenis kelamin (*sex*)

dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya akan lebih besar dibandingkan dengan wanita, terkecuali untuk beberapa bagian tubuh tertentu seperti pinggul, dan sebagainya.

3. Suku bangsa (*ethnic*)

Setiap suku bangsa ataupun kelompok *ethnic* akan memiliki karakteristik fisik yang berbeda satu dengan yang lainnya. Dimensi tubuh suku bangsa negara Barat pada umumnya mempunyai ukuran yang lebih besar daripada dimensi

tubuh suku bangsa negara Timur.

4. Posisi tubuh (*posture*)

Sikap ataupun posisi tubuh akan berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh karena itu harus posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran. Berkaitan dengan posisi tubuh manusia dikenal dua cara pengukuran, yaitu:

a Antropometri Statis (*Structural Body Dimensions*)

Tubuh diukur dalam berbagai posisi standard dan tidak bergerak (tetap tegak sempurna). Dimensi tubuh yang diukur meliputi berat badan, tinggi tubuh, dalam posisi berdiri, maupun duduk, ukuran kepala, tinggi/panjang lutut, pada saat berdiri/duduk, panjang lengan, dan sebagainya.

b Antropometri Dinamis (*Functional Body Dimensions*)

Pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan (Wignjosoebroto, 2000).

2.2.14 Penelitian Terdahulu

Metode REBA dan NBM telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dan pengembangan produk. Contohnya pada penelitian Suhardi (2015), metode REBA dan NBM digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam merancang alat bantu yang menitikberatkan pada perbaikan posisi postur tubuh pekerja saat melakukan proses kerja yang semula harus membungkuk dan jongkok menjadi berdiri tanpa harus membungkuk maupun jongkok saat melakukan proses kerja *finishing* pemelituran. Penelitian Nugroho (2012), membahas mengenai metode REBA dan NBM yang digunakan untuk merancang troli angkut karung gabah pada pekerja dipenggilingan padi di Sragen. Perancangan troli angkut bertujuan untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal pada operator dan meningkatkan produktivitas kerja.

Metode CVL dan Indikator Kunci telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penilaian resiko *manual handling*. Contohnya pada penelitian Simanjuntak (2011), metode CVL dan Indikator Kunci LMM digunakan untuk menilai resiko beban kerja dari buruh gendong yang dilakukan secara *manual*

handling. Selain itu, dilakukan penilaian resiko beban kerja fisik dari buruh gendong dengan mengukur denyut jantung selama bekerja untuk menilai *cardiovascular strain*.

Pada kasus penelitian ini, objek dari penelitian adalah pekerja di stasiun penyaringan beras yang memiliki postur kerja yang berbahaya yaitu dilakukan secara membungkuk dan jongkok dan pekerjaan yang dilakukan secara *manual handling*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *Nordic Body Map* (NBM), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Cardiovascular Load*, dan Indikator Kunci LMM (*Leitmerk Mal Methode*). Pada metode *Nordic Body Map* (NBM) merupakan metode yang dapat digunakan sebelum melakukan observasi dengan metode REBA. Melalui NBM, dapat diketahui bagian otot mana saja yang mengalami gangguan nyeri atau keluhan dari tingkat rendah sampai dengan keluhan tingkat tinggi dengan memberikan kuesioner dan melakukan wawancara terhadap pekerja. Selanjutnya metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) metode ini dipilih untuk dapat memberikan penilaian postur kerja secara keseluruhan untuk anggota tubuh bagian atas maupun anggota tubuh bagian bawah. Metode penilaian beban kerja fisik berdasarkan *Cardiovascular Load %CVL* yang digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan pada pekerja. Pengukuran denyut nadi dilakukan terhadap 5 pekerja pada stasiun yang berbeda-beda, sehingga dapat diketahui pekerja yang mengalami kelelahan paling tinggi. Selain itu, metode Indikator Kunci LMM (*Leitmerk Mal Methode*) digunakan untuk menilai resiko *manual handling* untuk objek kerja yang berat dengan mempertimbangkan empat faktor yaitu, waktu (*time*), beban (*load*), sikap tubuh (*body posture*), dan kondisi selama kerja (*condition of performing work*).