

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Ergonomi

2.1.1. Pengertian Ergonomi

istilah ergonomi dari Kata Yunani, yang berarti "pekerjaan", dan nomos, yang berarti "hukum", adalah asal-usul ergonomi atau ergonomi. Kajian tentang aspek manusia di tempat kerja yang dikaji dari segi anatomi, fisiologi, psikologi, teknik, manajemen, dan desain dikenal dengan istilah ergonomi. Optimalisasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan di tempat kerja, di rumah, dan di tempat rekreasi. pengaturan adalah semua aspek ergonomi. Studi tentang sistem di mana orang, fasilitas kerja, dan lingkungan mereka berinteraksi diperlukan untuk ergonomi, yang bertujuan untuk membuat tempat kerja lebih ramah manusia. Menurut Nurmianto (1996), ergonomi juga disebut sebagai "Faktor Manusia." Antropometri adalah subbidang ergonomi yang mempelajari ukuran manusia untuk menciptakan tempat kerja, produk, dan peralatan yang ergonomis dengan mempertimbangkan ukuran tubuh pengguna yang dituju. Selain itu, ergonomi memainkan peran penting dalam meningkatkan aspek

kesehatan dan keselamatan kerja, seperti: desain workstation untuk alat bantu visual manusia visual (visual display unit station) untuk mengurangi rasa sakit dan nyeri pada sistem kerangka dan otot manusia (Nurmianto , 1996).

Santoso (2013) mengatakan bahwa ergonomi adalah ilmu, teknologi, dan upaya seni untuk menyeimbangkan kemampuan, kemampuan, dan keterbatasan manusia dengan mesin mekanik, organisasi, dan lingkungan dalam rangka menciptakan lingkungan yang sehat, aman, dan sehat. nyaman, produktif, dan efisien dengan memanfaatkan potensi tubuh secara maksimal. Alat harus digunakan untuk mengkondisikan lingkungan dan peralatan sehingga kondisi tersebut dapat tercapai. Sangat penting untuk memiliki nilai standar ergonomis yang disesuaikan dengan kemampuan dan keterbatasan manusia saat merancang alat dan lingkungan. Menurut pemahaman ergonomi, salah satu prinsip penting yang selalu diterapkan adalah prinsip kesesuaian tugas dengan manusia. , yang artinya harus disesuaikan dengan kemampuan dan keterbatasan individu. Menurut Santoso (2013), sejumlah aspek lingkungan alam manusia, termasuk peralatan, lingkungan fisik, dan posisi gerak (bekerja), perlu direvisi, dimodifikasi, atau didesain ulang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan individu. Jumlah tugas pekerjaan yang dapat diselesaikan juga akan meningkat seiring dengan meningkatnya kemampuan tubuh secara optimal. Sebaliknya, jika peralatan di lingkungan alam sekitar Anda tidak dirancang untuk bekerja dengan kemampuan alami tubuh, itu akan membuang energi, membuat Anda cepat

lelah, dan hasilnya tidak akan baik atau bahkan baik untuk kesehatan Anda.

mencelakakan.

2.1.2. Tujuan Ergonomi.

Ergonomi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja bisnis atau organisasi. Jika mekanik cocok dengan mekanik lain, ini dapat dicapai. Banyak yang sampai pada kesimpulan bahwa karyawan harus termotivasi dan kebutuhan mereka harus dipenuhi. Akibatnya, jumlah karyawan yang tidak datang untuk bekerja akan turun. Pendekatan ergonomis, di sisi lain, bertujuan untuk mendorong hubungan kerja yang positif antara mekanik dan manajemen. Hal ini dapat dicapai dengan mempertimbangkan empat tujuan utama berikut:

1. Meningkatkan produktivitas
2. Memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Mendorong Anda untuk bekerja dengan nyaman dan aman
4. Memaksimalkan performa kerja yang meyakinkan.

Kondisi tubuh menjadi kurang optimal, tidak efisien, dan berkualitas buruk di tempat kerja yang tidak ergonomis, dan individu dapat mengalami masalah kesehatan seperti nyeri punggung bawah dan gangguan otot rangka. Akibatnya, ergonomi penting karena tujuannya adalah untuk mencapai keselarasan antara manusia, mesin, dan lingkungan.

2.1.3. Manfaat Ergonomi

Manfaat Ergonomi Menurut Tarwaka (2004), manfaat aplikasi berikut dapat diambil dari uraian pendekatan ergonomi di atas:

1. Ergonomi tempat kerja dapat mengurangi kelelahan dan meningkatkan produktivitas.
2. Memanfaatkan fluktuasi MEA asam laktat dan glukosa darah, parameter kelelahan dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja.
3. Untuk memastikan bahwa karyawan, siswa, dan guru terus berkinerja pada tingkat tertinggi mereka, lingkungan kerja dan pendidikan harus dirancang secara ergonomis.

2.2. Anthropometri

Kata "antropometri," yang berarti "ukuran," adalah asal usul istilah "antropometri." Definisi yang akurat dari antropometri adalah "studi tentang pengukuran dimensi tubuh manusia." Intinya, manusia akan berbeda ukuran dan bentuk (tinggi, lebar, dll), berat dan faktor lainnya. Akibatnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran, dan dimensi yang tepat dari produk yang saat ini sedang dibuat. dirancang serta orang-orang yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk.

Ukuran atau fungsi fisik tubuh manusia, seperti ukuran linier, berat, volume, rentang gerak, dan sebagainya, akan menjadi fokus utama antropometri. Perencanaan fasilitas dan peralatan kerja akan sangat diuntungkan dari data antropometri ini. Untuk memenuhi persyaratan ergonomis, stasiun kerja dan peralatan harus sesuai untuk pengguna yang dituju, terutama dalam hal ukuran tubuhnya. Biasanya, data antropometrik antara persentil ke-5 dan ke-95 digunakan untuk menentukan ukuran maksimum atau minimum. Menurut Wigjosoebroto (2000), data antropometri akan berguna untuk perencanaan stasiun kerja baik untuk pemilihan fasilitas kerja

berdasarkan dimensi ukuran tubuh operator maupun perencanaan dimensi ruang kerja itu sendiri ukuran

2.2.1. Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Produk/Fasilitas Kerja.

Untuk merancang suatu produk agar sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan menggunakannya, terlebih dahulu harus ditetapkan prinsip-prinsip penerapan data antropometri sebagai berikut:

1. Prinsip-prinsip desain produk untuk orang-orang dengan ukuran ekstrem. Dua tujuan produk dipenuhi melalui desain produk.
 - a. Sebuah produk Mungkin cocok untuk klasifikasi ekstrim tubuh manusia, yang berarti terlalu kecil dibandingkan dengan rata-rata
 - b. Masih bisa digunakan untuk menampung tipe tubuh lain (mayoritas populasi yang ada saat ini).

Agar dapat memenuhi sasaran produk tersebut maka ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara:

- a. Sebuah Nilai persentil terbesar, seperti persentil ke-90, ke-95, atau ke-99, biasanya digunakan untuk memenuhi dimensi minimum yang harus ditentukan dari sebuah desain produk.
- b. Nilai persentil terendah (persentil pertama, kelima, atau kesepuluh) dari sebaran data antropometrik yang ada digunakan untuk memenuhi dimensi maksimum yang dipersyaratkan.

Nilai persentil ke-5 untuk dimensi maksimum dan persentil ke-95 untuk dimensi minimum biasanya akan ditentukan dengan menerapkan data antropometrik pada desain produk atau fasilitas kerja.

2. Ide di balik merancang produk yang dapat digunakan dalam rentang ukuran tertentu.

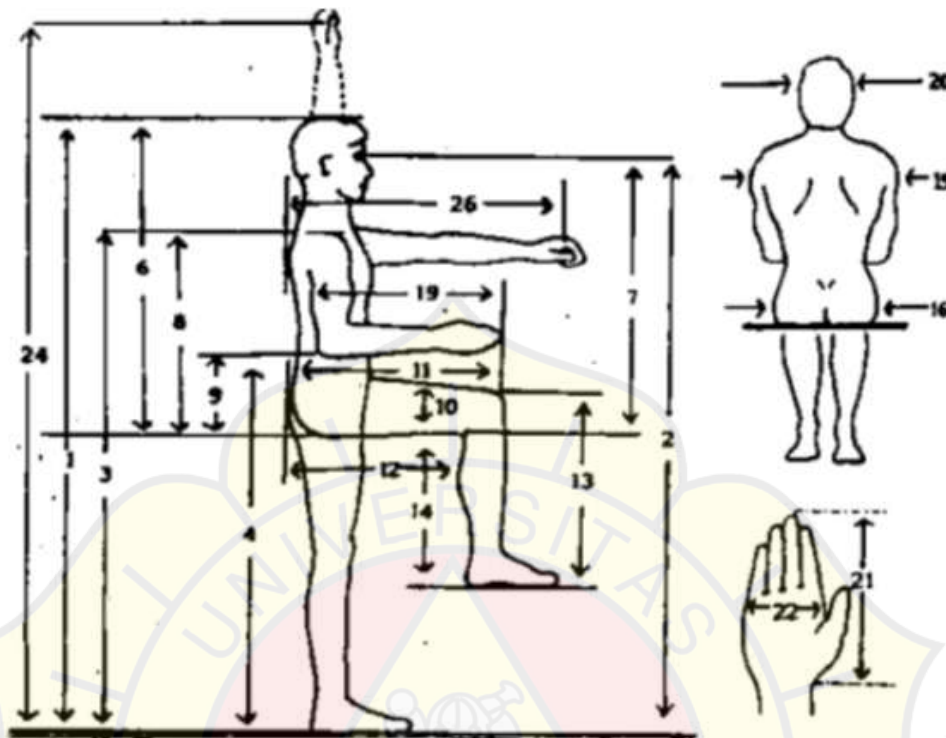
Desain dapat diubah ukurannya agar cukup fleksibel untuk digunakan oleh semua ukuran orang. Jenis data antropometrik ini biasanya diterapkan pada rentang nilai dari persentil ke-5 hingga ke-95 untuk membuat desain yang fleksibel..

3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata

Menurut Nurmiyanto (2004), ada beberapa fasilitas atau rekomendasi yang dapat diberikan sehubungan dengan penerapan data antropometri yang dibutuhkan dalam proses perancangan produk atau fasilitas kerja:

- a. Langkah pertama adalah memilih bagian tubuh mana yang akan digunakan untuk mengoperasikan desain.
- b. Saat menentukan dimensi tubuh penting untuk proses desain, perlu juga mempertimbangkan apakah data dimensi tubuh statis atau dinamis harus digunakan.
- c. Uji keseragaman data dan uji kecukupan data digunakan untuk mengolah data antropometri.
- d. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi populasi terbesar, yang perlu diantisipasi, diakomodasi, dan diubah menjadi kelompok pengguna utama untuk desain produk.
- e. Tentukan pedoman ukuran yang akan diikuti, seperti apakah desainnya untuk ukuran rata-rata, rentang ukuran fleksibel (dapat disesuaikan), atau ukuran individu yang ekstrem.
- f. Pilih proporsi populasi yang harus diikuti oleh nilai persentil ke-90, ke-95, atau ke-99 yang diinginkan, atau nilai lainnya.
- g. Selanjutnya, pilih atau atur nilai ukuran untuk setiap dimensi tubuh dari tabel data antropometrik yang sesuai. Selain itu, informasi mengenai berbagai bagian tubuh yang perlu diukur akan diberikan oleh Gambar 2.1 hingga 2.9 berikut.

Gambar 2. 1: Anthropometri Tubuh



Sumber : Perhimpunan Ergonomi Indonesia

Tabel 2.1 : Tabel Anthropometri Tubuh

No	Dimensi	Keterangan
1	D1	Tinggi Tubuh
2	D2	Tinggi Mata
3	D3	Tinggi Bahu
4	D4	Tinggi Siku
5	D5	Tinggi Pinggul
6	D6	Tinggi Tulang Ruas
7	D7	Tinggi Ujung Jari
8	D8	Tingg dalam Posisi Duduk
9	D9	Tinggi mata dalam Posisi Duduk
10	D10	Tinggi bahu dalam Posisi Duduk
11	D11	Tinggi siku dalam Posisi Duduk
12	D12	Tebal Paha

13	D13	Panjang Lutut
14	D14	Panjang Popliteal
15	D15	Tinggi Lutut
16	D16	Tinggi Popliteal
17	D17	Lebar Sisi Bahu
18	D18	Lebar Bahu Bagian Atas
19	D19	Lebar Pinggul
20	D20	Tebal Dada
21	D21	Tebal Perut
22	D22	Panjang Lengan Atas
23	D23	Panjang Lengan Bawah
24	D24	Panjang Rentang Tangan Kedepan
25	D25	Panjang Bahu Genggaman Tangan ke Depan
26	D26	Panjang Kepala
27	D27	Lebar Kepala
28	D28	Panjang Tangan
29	D29	Lebar Tangan
30	D30	Panjang Kaki
31	D31	Lebar Kaki
32	D32	Panjang Rentangan Tangan ke Samping
33	D33	Panjang Rentangan Siku
34	D34	Tinggi Genggaman Tangan ke Atas dalam Posisi Berdiri
35	D35	Tinggi Genggaman Tangan ke Atas Dalam Posisi Duduk
36	D36	Panjang Genggaman Tangan ke Depan

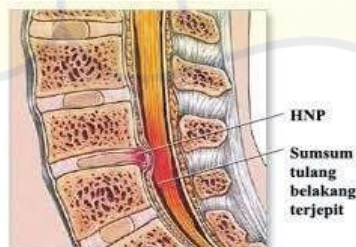
Sumber : Perhimpunan Ergonomi Indonesia

2.2.2. Postur Tubuh Kerja

Saat mengevaluasi keefektifan suatu aktivitas, postur merupakan faktor kunci. Jika montir makan dalam posisi

yang benar secara ergonomis, kemungkinan besar dia akan mendapatkan hasil yang baik. Di sisi lain, jika montir duduk dengan tidak benar di tempat kerja, dia lebih mungkin menjadi lelah dan mengalami kelainan bentuk tulang. Jika mekanik mudah aus, mereka mungkin juga melihat penurunan dan hal-hal mungkin tidak berjalan seperti yang direncanakan. Kerangka Keluhan otot biasanya diakibatkan oleh kontraksi otot yang berlebihan, dimana otot mengalami ketegangan dan menjadi panjang atau pendek akibat beban kerja yang berlebihan dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan keluhan muskuloskeletal adalah keluhan yang dirasakan pada otot rangka atau otot rangka dan berkisar dari ketidaknyamanan ringan sampai penyakit berat. Kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon dapat mengakibatkan keluhan jika otot mengalami beban statis berulang kali dan dalam jangka waktu yang lama. Menurut Tarwaka (2010), peregangan otot yang berlebihan, aktivitas berulang, sikap kerja yang tidak wajar, penyebab sekunder, dan penyebab gabungan semuanya berkontribusi pada keluhan muskuloskeletal.

Gambar 2. 2: Hernia pada intervertebral disk



Sumber : Obat Sakit Punggung.com

Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal, diantaranya yaitu:

1. Saat melakukan tugas kerja yang membutuhkan banyak usaha, seperti mengangkat, mendorong, menarik, atau menahan beban berat, mekanik sering menyuarakan kekhawatiran tentang peregangan otot yang berlebihan, juga dikenal sebagai pengerahan tenaga berlebih. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi saat dibutuhkan usaha lebih besar daripada kekuatan maksimum otot. Nyeri otot dan bahkan cedera otot rangka dapat terjadi akibat gerakan berulang dari hal yang sama.
2. Aktivitas yang dilakukan berulang-ulang, seperti makan dan mengangkat gelas saat ingin minum, merupakan contoh aktivitas yang berulang. Nyeri otot terjadi ketika otot-otot ditekan berulang kali akibat pekerjaan tanpa sempat melepas lelah.
3. Penyebab sekunder, khususnya: Iklim mikro, tekanan, dan getaran.
4. Penyebab kombinasi antara lain: (Antropometri) jenis kelamin, usia, kebiasaan merokok, kebugaran jasmani, kekuatan, dan ukuran tubuh.

2.2.3. Pengaruh Postur Kerja Terhadap Ergonomi.

Ergonomi adalah cabang ilmu yang menggunakan informasi tentang sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang sistem kerja yang memungkinkan manusia hidup dan bekerja dengan baik—yaitu efektif, aman, dan efisien—untuk mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan. nyaman. Saat melakukan aktivitas tersebut, postur tubuh merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ergonomi. Hal ini sangat penting untuk diingat karena apa yang dilakukan pekerja berdampak besar pada hasil produksi. Pekerja

akan cepat lelah dan kehilangan kemampuan untuk berkonsentrasi dan melakukan tugasnya secara akurat jika mereka memegang posisi kerja dengan cara yang tidak tepat atau tidak ergonomis. Pekerja menjadi lamban, yang berdampak negatif pada kualitas dan kuantitas output, yang pada gilirannya berdampak negatif pada produktivitas.

Pekerja dapat mencapai postur kerja yang nyaman dengan mempertimbangkan ergonomi ketika berdiri, duduk, mengangkat, atau mengangkut benda. Postur kerja yang terkadang tidak nyaman diperlukan untuk beberapa jenis pekerjaan. Pekerja dipaksa untuk mempertahankan postur kerja yang tidak wajar untuk waktu yang lama. Waktu dalam kondisi kerja seperti itu. Hal ini akan mengakibatkan pekerja kelelahan, keluhan nyeri bagian tubuh, cacat produk, bahkan cacat tubuh. Menurut Mufti dan Suryani (2013), antara lain pertimbangan ergonomis, berikut ini dapat dilakukan untuk menghindari jenis postur kerja:

- a. Membuat pekerja tidak perlu bekerja dalam posisi membungkuk saat melakukan tugas yang berulang atau untuk waktu yang lama.
- b. Rentang maksimum tidak boleh digunakan oleh pekerja. Dalam hal ini, pengaturan postur kerja berada dalam kisaran normal (konsep dan prinsip ekonomi pergerakan). Selain itu, pengaturan ini memungkinkan postur kerja yang lebih nyaman.
- c. Pekerja tidak boleh duduk atau berdiri saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada, atau kaki ditekuk.

- d. Operator tidak boleh dipaksa untuk bekerja dengan tangan atau lengan ditinggikan di atas siku secara teratur atau untuk waktu yang lama.

2.2.4. Faktor Risiko Sikap Kerja Terhadap Gangguan

Muskuloskeletal

Salah satu faktor risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal adalah sikap negatif dalam bekerja. Berdiri, duduk, membungkuk, jongkok, berjalan, dan postur kerja lainnya merupakan hal yang biasa terjadi pada manusia. Jenis pekerjaan dan sistem kerja saat ini menentukan sikap pekerjaan yang dilakukan.

1. Sikap Kerja Berdiri

Sikap kerja yang paling umum di tempat kerja adalah sikap kerja berdiri. Salah satu atau kedua kaki akan menopang berat badan. Karena adanya tarikan gravitasi bumi, berat badan bergerak ke arah tanah dengan kedua kaki. Posisi kedua kaki mempengaruhi seberapa stabil posisi tubuh saat berdiri. Tubuh tidak akan tergelincir jika kaki diposisikan dalam garis lurus pada jarak dari tulang pinggul. Selain itu, menjaga keselarasan yang tepat antara tubuh bagian atas dan bawah sangat penting.

Gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan (WMSDs) memiliki beberapa masalah dengan sikap kerja berdiri. Bekerja sambil berdiri dengan punggung condong ke depan dapat menyebabkan nyeri punggung bawah. Karena darah mengalir melawan gravitasi, berdiri terlalu lama dapat mengakibatkan pembekuan darah di vena. Pembengkakan pergelangan kaki dapat terjadi akibat

kejadian ini dapat mengakibatkan pembengkakan pergelangan kaki.

2. Sikap Kerja Duduk

Sikap Kerja Saat duduk, otot paha tertarik ke pinggul, yang mengakibatkan keluhan pada punggung bagian bawah. Akibatnya, tulang belakang lumbal L3/L4 akan rileks dan panggul akan miring ke belakang. Sisi depan cakram akan menjadi terkompresi dan ruang di sekitarnya akan melebar akibat kondisi ini. Hal ini menyebabkan nyeri punggung bawah yang menjalar ke kaki.

Gambar 2.3 : Kondisi invertebratal disc bagian lumbar pada saat duduk



Sumber : Bridger RS, 1995

Dengan merancang tempat duduk yang baik, ketegangan dan rasa sakit akibat postur kerja duduk dapat dikurangi. Menurut Bridger (1995), temuan menunjukkan bahwa posisi duduk tanpa sandaran menghasilkan peningkatan tekanan 1/3 hingga lebih signifikan pada intervertebralis. disc daripada posisi berdiri. Sandaran diperlukan untuk postur kerja duduk di kursi karena menopang punggung dan memungkinkan gerakan bolak-balik untuk melindungi daerah lumbar. Untuk mengakomodasi fleksi lumbar,

sandaran harus dirancang dengan tonjolan di bagian depan.

3. Sikap Kerja Membungkuk

Sikap Kerja Membungkuk Membungkuk di tempat kerja merupakan salah satu sikap kerja yang meresahkan dan seringkali menyakitkan. Akibat kurangnya keseimbangan dan stabilitas tubuh saat bekerja, posisi ini tidak nyaman. Pekerja akan mengalami nyeri pinggang akibat sikap membungkuk yang ditampilkan berulang kali dan untuk jangka waktu yang lama.

Tulang belakang bergerak ke depan tubuh saat Anda menekuk. Ada tekanan pada otot perut dan bagian anterior dari diskus intervertebralis lumbal. Faktanya, ligamen di sisi belakang disk meregang. Akibatnya, punggung bagian bawah terasa sakit dari kondisi ini.

“Slipped disk” akan terjadi jika sikap kerja membungkuk diikuti dengan mengangkat beban yang berlebihan. Prosesnya sama dengan membungkuk saat bekerja, tetapi beban yang berlebihan merusak ligamen lumbal dan menekan pembuluh saraf di sisi belakang tulang belakang. Tekanan lumbal memaksa material keluar dari diskus intervertebralis, menyebabkan kerusakan ini.

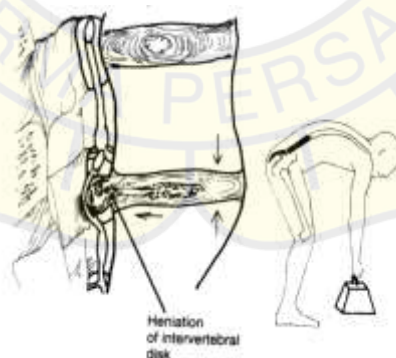
4. Pengangkatan Beban

Mengangkat beban Aktivitas mengangkat beban adalah penyebab paling umum cedera punggung di

tempat kerja. Menurut penelitian NIOSH, mengangkat benda berat dikaitkan dengan dua pertiga kecelakaan yang disebabkan oleh tekanan yang berlebihan. Menurut Bernard dan Fine (1997), mengangkat beban yang lebih besar dari kekuatan sendiri memerlukan usaha yang lebih besar atau kelelahan. Menurut penelitian ini, kelelahan adalah penyebab utama cedera punggung, terhitung 64% sampai 74% kasus. Daerah lumbar, khususnya L5/S1, akan terkena dampak oleh beban yang diangkat.

Untuk menahan tekanan, penekanan area ini memiliki batas. Wilayah L5/S1 dari diskus intervertebralis dapat menahan lebih banyak tekanan daripada tulang belakang. Herniasi diskus yang diakibatkan oleh pecahnya lapisan pembungkus pada diskus intervertebralis di L5/S1 akan terjadi jika pemindahan dilakukan di luar kapasitasnya.

Gambar 2.4 pengaruh sikap kerja pengangkatan yang salah



sumber : bridger RS. 1995.

Saat mengangkat beban, ada beberapa cara untuk menurunkan risiko cedera::

- a. Buatlah rencana untuk mengangkat beban.
Cobalah untuk tidak mengangkat lebih dari beban

yang dapat Anda tangani dan jangan mengangkatnya dengan cepat.

- b. Atur beban sedekat mungkin dengan pusat tubuh. Besarnya tekanan yang diberikan pada punggung, bahu, dan lengan akan berkurang semakin dekat bebannya. Tubuh lebih mudah distabilkan semakin dekat bebannya.
- c. Saat mulai mengangkat, coba pertahankan posisi seimbang dengan menempatkan kaki Anda sedekat mungkin dengan beban. Dalam posisi setengah jongkok, tekuk lutut ke sudut yang paling nyaman bagi Anda.
- d. Hindari menekuk, menekuk, atau memutar ke samping, dan jaga agar punggung dan bahu tetap lurus.
- e. Turunkan beban dengan menekuk lutut pada sudut yang paling nyaman bagi Anda dalam posisi semi-jongkok.

5. Membawa Beban

Membawa beban adalah tugas penanganan manual yang sering dilakukan di tempat kerja. Beban normal setiap individu ditentukan secara berbeda. Frekuensi pekerjaan yang dilakukan berdampak pada hal ini. Jarak adalah faktor terpenting dalam membawa beban. Beban maksimum yang dapat dibawa berkurang dengan jarak yang ditempuh.

6. Mendorong Beban

Ketinggian tangan saat mendorong beban adalah aspek terpenting dalam mengangkat beban. Dalam

aktivitas angkat beban, dianjurkan ketinggian genggamannya antara siku dan bahu. Untuk mencegah cedera pada tangan dan bahu, ini bertujuan untuk menghasilkan daya maksimum untuk mendorong beban.

7. Menarik Beban

Menarik Beban Penarikan beban biasanya tidak dianjurkan saat memindahkan beban karena akan sulit untuk mengontrol beban dan akan mudah bagi pekerja untuk terluka jika tergelincir. Mengendalikan beban yang ditransfer dan divergensi di jalur lintasan adalah dua tambahan masalah. Jarak pendek dapat dengan aman ditutupi dengan beban.

2.2.5. *Musculoskeletal Disorder (MSDs).*

Keluhan *muskuloskeletal*, dapat berkisar dari ketidaknyamanan ringan hingga penyakit parah. Keluhan ini dirasakan pada otot rangka. Kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon dapat menimbulkan keluhan jika otot sering mengalami beban statis dan dalam jangka waktu yang lama. Menurut Grandjean (1993), keluhan kerusakan tersebut adalah biasanya disebut sebagai keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal. 1996) di (Tarwaka et al., 2004). Menurut Tarwaka (2004), keluhan otot terbagi dalam dua kategori besar: Keluhan otot, juga dikenal sebagai keluhan sementara (reversibel), adalah keluhan yang terjadi ketika otot dikenai beban statis; namun, setelah pemuatan dihapus, keluhan akan segera hilang.

1. Keluhan sementara (reversible), 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), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

2.2.6. Faktor Penyebab Terjadinya Keluhan MSDs

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal Tarwaka (2004) yaitu:

1. Pekerja yang melakukan aktivitas kerja yang membutuhkan banyak tenaga, seperti mengangkat, mendorong, menarik, dan menahan beban berat, sering dilaporkan mengalami peregangan otot yang berlebihan, juga dikenal sebagai tenaga berlebih. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi ketika usaha yang diperlukan lebih besar dari kekuatan maksimal otot. Jika hal yang sama dilakukan berulang-ulang, dapat mengakibatkan nyeri otot bahkan cedera otot rangka.
2. Pekerjaan yang Harus Dilakukan Secara Berkelanjutan: Mencangkul, membelah kayu besar, mengangkat dan membawa, dll. adalah contoh aktivitas yang berulang. Nyeri otot terjadi ketika otot berulang kali mengalami stres akibat pekerjaan tanpa sempat bersantai.
3. Sikap Kerja Yang Tidak Wajar Sikap kerja yang tidak wajar adalah sikap kerja yang mengangkat bagian tubuh yang terlalu tinggi, punggung yang terlalu membungkuk, kepala yang terangkat, dll. Keluhan otot rangka lebih mungkin terjadi ketika bagian tubuh

diposisikan lebih jauh. dari pusat gravitasi tubuh exertion)

4. Faktor Penyebab Sekunder

- a. Tekanan langsung pada jaringan otot lunak Misalnya, ketika tangan diminta untuk memegang instrumen, jaringan otot lunak di tangan akan mengalami tekanan langsung dari pegangan instrumen. Jika ini sering terjadi, dapat menyebabkan nyeri otot yang persisten.
- b. Getaran Getaran dengan frekuensi tinggi akan membuat otot bekerja lebih keras.
- c. Iklim mikro Paparan suhu yang terlalu dingin dapat menurunkan kelincahan, kepekaan, dan kekuatan pekerja, sehingga mengakibatkan gerakan pekerja menjadi lamban, sulit digerakkan, dan disertai dengan penurunan kekuatan otot. Kontraksi statis ini menyebabkan peredaran darah menjadi tidak merata, penumpukan asam laktat meningkat, dan akhirnya terjadi nyeri otot. Akan terjadi kekurangan energi bagi otot jika hal ini tidak diimbangi dengan suplai energi yang cukup. asam laktat, yang dapat menyebabkan nyeri otot, penurunan suplai oksigen ke otot, gangguan proses metabolisme karbohidrat, dan sirkulasi darah yang buruk.

5. Penyebab Kombinasi Pekerja yang dalam menjalankan tugasnya dihadapkan pada berbagai faktor risiko secara bersamaan berisiko mengalami keluhan otot rangka. Misalnya, pekerja konstruksi diharuskan melakukan tugas mengangkat dan mengangkut di bawah terik matahari.

Beberapa ahli menjelaskan bahwa faktor individu

seperti usia, jenis kelamin, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, kekuatan fisik, dan ukuran tubuh juga dapat menjadi penyebab keluhan otot rangka. Faktor-faktor tersebut merupakan tambahan dari lima faktor penyebab keluhan otot yang telah disebutkan sebelumnya..

2.3. *Nordich Body Map.*

Nordic Body Map (NBM) adalah metode untuk menggambarkan bagian-bagian tubuh manusia yang digunakan untuk mengevaluasi keluhan spesifik Musculoskeletal Disorders (MSDs). Daftar pemeriksaan wawancara dengan responden digunakan untuk menentukan temuan NBM pada bagian tubuh. Ada empat tingkat keluhan MSD yang membentuk NBM: tidak terasa nyeri (level A), nyeri ringan (level B), nyeri (level C), dan sangat nyeri (level D).

Kuesioner objektif yang disebut peta tubuh Nordich digunakan untuk mengidentifikasi masalah otot di bagian tubuh tertentu. Gambar sembilan bagian tubuh, termasuk leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, siku, pinggang, lutut, dan tumit, digunakan dalam hal ini kuesioner. Sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan, pengukuran sebelum dan sesudah tes dapat digunakan untuk menghindari bias.

Kuesioner NBM merupakan instrumen standar untuk mengevaluasi keluhan atau gejala yang berkaitan dengan sistem muskuloskeletal. Kuesioner NBM banyak digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan gangguan sistem muskuloskeletal. Validitas dan reliabilitas kuesioner NBM ini cukup memadai. Responden terhadap kuesioner ini. Setiap pekerja yang menjadi responden diminta untuk mengisi kuesioner dengan menyebutkan apakah mereka mengalami gangguan pada bagian tubuh tertentu. Tabel berikut

menggambarkan kuisisioner NBM.i

Tabel 2. 2: Kuesioner *Nordic Body Map*

No	Lokasi	Keluhan Sakit	
		Sakit	Tidak Sakit
0	Sakit pada atas leher		
1	Sakit pada bawah leher		
2	Sakit pada kiri bahu		
3	Sakit pada kanan bahu		
4	Sakit pada kiri atas lengan		
5	Sakit pada punggung		
6	Sakit pada kanan atas lengan		
7	Sakit pada pinggang		
8	Sakit pada pantat		
9	Sakit pada bagian bawah pantat		
10	Sakit pada kiri siku		
11	Sakit pada kanan siku		
12	Sakit pada kiri lengan bawah		
13	Sakit pada kanan lengan bawah		
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri		
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan		

16	Sakit pada tangan kiri		
17	Sakit pada tangan kanan		
18	Sakit pada paha kiri		
19	Sakit pada paha kanan		
20	Sakit pada lutut kiri		
21	Sakit pada lutut kanan		
22	Sakit pada betis kiri		
23	Sakit pada betis kanan		
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri		
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan		
26	Sakit pada kaki kiri		
27	Sakit pada kaki kanan		

Kuesioner NBM dapat dievaluasi dengan skala data ordinal atau skala data nominal (tingkat). Jawaban “YA” (ada keluhan atau nyeri pada otot rangka) dan jawaban “TIDAK” (tidak ada keluhan atau nyeri pada otot rangka) dapat digunakan pada skala data nominal. Hasil kuesioner kemudian disajikan untuk mengetahui persepsi responden terhadap persentase pengaduan. Berdasarkan beratnya keluhan pekerja, tindakan korektif dapat diambil. Klasifikasi risiko keluhan muskuloskeletal disajikan pada Tabel 2.14.

2.4. Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Rapid Entire Body Assessment berbasis ergonomi dapat digunakan untuk menilai dengan cepat posisi atau postur kerja leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki operator. Faktor kopling, beban eksternal yang ditopang oleh tubuh, dan aktivitas mekanis semuanya berdampak pada metode ini. Evaluasi menggunakan Menurut Hignett dan Mc

Atamney (2000), REBA cepat menyelesaikan dan melakukan penilaian umum pada daftar kegiatan yang menunjukkan perlunya pengurangan risiko karena postur kerja operator. Pendekatan ergonomis melihat faktor seperti postur, kekuatan, aktivitas, dan kopling yang dapat menyebabkan cedera karena melakukan hal yang sama berulang-ulang. Dengan menggunakan metode ini, postur di tempat kerja dinilai menggunakan skor risiko antara satu dan lima belas. Skor tertinggi menunjukkan tingkat yang menimbulkan risiko (bahaya) signifikan di tempat kerja. Hal ini menunjukkan bahwa mekanik yang diteliti akan bebas dari risiko ergonomis dengan skor terendah. REBA diciptakan untuk mengidentifikasi postur kerja berisiko dengan cepat dan melakukan perbaikan yang diperlukan. REBA dibuat tanpa menggunakan alat tertentu. Peneliti dapat mempelajari cara mengukur dan memeriksa tanpa kesulitan sebagai akibatnya. biaya untuk peralatan tambahan. Pemeriksaan REBA dapat dilakukan di ruang terbatas tanpa mempengaruhi cara kerja internal. REBA Rentang dan skor Gerakan Tubuh berbasis ditunjukkan di bawah ini.

2.4.1. Langkah-Langkah metode REBA.

Berikut tahapan penilaian postur dan gerakan kerja metode REBA (Hignett, S., and McAtamney, L., 2000):

1. Memanfaatkan bantuan video atau foto untuk mengambil data tentang postur pekerja. Dengan merekam atau memotret postur pekerja, seseorang bisa mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang sikap (postur) pekerja dari leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki. dilakukan agar peneliti dapat memperoleh data postur yang akurat

(detail) dari hasil rekaman dan foto sehingga data yang akurat dapat digunakan dalam tahap perhitungan dan analisis selanjutnya.

2. penentuan sudut bagian tubuh pekerja. Sudut setiap bagian tubuh—punggung (torso), leher, lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, dan kaki—dihitung setelah merekam dan memotret postur karyawan.
3. penentuan barang yang akan diangkat, kopling, dan kegiatan yang terlibat dalam pekerjaan.
4. Langkah terakhir adalah mencari tahu nilai REBA untuk postur tertentu.
5. Berikan tingkat tindakan berdasarkan seberapa penting tindakan itu.
6. menggunakan metode pena dan kertas dan peralatan dasar.

Proses untuk penilaian ergonomi tempat kerja yang memerlukan analisis postur dapat menggunakan REBA (Hignett, S., dan McAtamney, L., 2000):

1. seluruh tubuh.
2. Postur statis, dinamis, cepat berubah, atau tidak seimbang adalah contoh postur.
3. saat ini membawa beban.
4. Sebelum dan sesudah tempat kerja diperbaiki.

2.4.2. Kelebihan Metode REBA.

Ada sejumlah keuntungan menggunakan REBA sebagai salah satu metode untuk menganalisis postur pekerja. Metode REBA, yang didasarkan pada Nexfgen

Ergonomic, Inc. (Hignett, S., dan McAtamney, L., 2000), memiliki keuntungan berikut:

1. Ini adalah cara cepat untuk melihat postur pekerja dalam kelompok pekerja yang mungkin tidak nyaman di tempat kerja.
2. dapat mengidentifikasi faktor risiko terkait pekerjaan.
3. Postur tubuh yang stabil dan tidak stabil keduanya dapat diperiksa dengan menggunakan strategi ini.
4. Nilai aktivitas dapat digunakan untuk memecahkan masalah, memprioritaskan penyelidikan, dan mengidentifikasi perubahan yang diperlukan.

2.4.3. Penilaian Postur Tubuh Grup A

Postur tubuh grup A terdiri atas batang tubuh (*trunk*), leher (*neck*) dan kaki (*legs*).

a. Batang tubuh (*trunk*)

Penilaian batang tubuh (*trunk*) adalah salah satu yang melihat sudut yang diambil bagasi ketika melakukan sesuatu. Posisi batang tubuh digunakan untuk mengukur sudut yang dibentuk oleh lengan atas. Mengenai postur.

Gambar 2. 5: Postur Tubuh bagian Batang Tubuh (*Trunk*)



(Sumber : S. Hignett, L. McAtammey)

Skor penilaian untuk postur Tubuh bagian Batang Tubuh (*Trunk*) dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Skor bagian Batang Tubuh (*Trunk*)

Pergerakan	skor	Perubahan skor
Tegak alamiah	1	+1 jika memutar atau miring kesamping
$0^0 - 20^0 flexion$	2	
$0^0 - 20^0 extension$		
$20^0 - 60^0 flexion$	3	
$> 20^0 extension$		
$>60^0$	4	

b. Leher (Neck)

Leher sudut yang terbentuk selama mekanika berkisar dari kurang dari -20° hingga lebih dari 20° . Selain itu, leher dapat miring atau berbelok ke samping. Gambar 2.6 menggambarkan evaluasi pergerakan leher (neck).

Gambar 2. 6 Skor Leher (Neck)



(Sumber : S. Hignett, L. McAtamney)

Skor penilaian bagian Leher(Neck) dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Skor Leher (Neck)

Pergerakan	skor	Perubahan skor
$0^{\circ} - 20^{\circ} \text{ flexion}$	1	+1 jika memutar atau miring kesamping
$> 20^{\circ} \text{ extension}$ atau <i>extension</i>	2	

(Sumber : S. Hignett, L. McAtamney)

c. Kaki (*Legs*)

Saat melakukan mekanika, bagian sudut kaki bervariasi dari stabil hingga tidak stabil, dari 30° hingga 60°, hingga > 60°. Jika kedua kaki memiliki dukungan yang memadai, kaki dikatakan stabil. Jika tidak satu pun dari kaki menerima dukungan yang memadai, dikatakan bahwa kaki tidak stabil. Gambar 2.7 dan Tabel 2.5 menampilkan evaluasi gerakan kaki yang dapat ditemukan berikut.

Gambar 2. 7 Skor Kaki (*Legs*)



(Sumber : S. Hignett, L. McAtamney)

Skor penilaian untuk Kaki (*legs*) dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Skor Bagian Kaki (*Legs*)

Pergerakan	skor	Perubahan skor
Kaki tertopang bobot tersebar merata, jalan atau duduk	1	+ jika lutut antara 30° dan 60° flexion
Kaki tidak tertopang Bobot tidak tersebar merata postur tidak stabil	2	+ 2 jika lutut lebih dari 60° flexion (tidak ketika duduk)

Nilai dari skor postur tubuh leher, batang tubuh dan kaki dimasukkan ke Tabel 2.6 untuk mengetahui

Tabel 2.6: Skor Grup A REBA dan Beban

Table A	neck												
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	5	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Skor postur tubuh, leher, dan kaki dari kelompok A digabungkan pada Tabel A. sehingga diperoleh skor tabel A. Beban atau gaya operator saat melakukan aktivitas kemudian dikalikan dengan skor dari tabel A.

Skor beban, juga dikenal sebagai besaran gaya, adalah jumlah skor dari tabel A. Skor Tabel A ditambah 0 (nol) jika berat beban atau besar gaya kurang dari 11 Kg, ditambah 1 (satu) jika beban berat atau besar gaya antara 11 sampai dengan 22 Kg, dan ditambah 2 (dua) jika berat beban atau besar gaya lebih besar dari 22 Kg. Dengan memperhatikan pekerjaan mekanik, maka nilai berat bertambah satu (satu) jika ada gerakan memutar.

2.4.4. Penilaian postur tubuh B REBA Grup B.

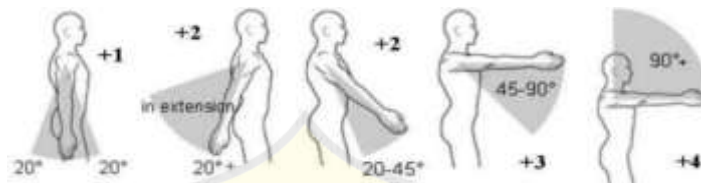
Postur tubuh grup B terdiri atas lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*) dan pergelangan tangan (*wrist*).

a. Lengan Atas (*Upper Arm*)

Upper Arm) Sudut yang terbentuk saat bekerja dengan bagian tubuh lengan atas berkisar antara kurang dari -20 derajat hingga lebih dari 20 derajat. Selain itu, bahu dapat ditopang atau diangkat

dengan baik. Penilaian untuk pergerakan lengan atas adalah sebagai berikut:.

Gambar 2. 8 Postur Tubuh Bagian Lengan Atas



(Sumber : S. Hignett, L. McAtamney)

Skor penilaian untuk postur tubuh bagian lengan atas (*upper arm*) dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Skor Bagian Lengan Atas (*Upper Arm*)

Pergerakan	skor	Perubahan skor
20° <i>extension</i> sampai 20° <i>flexion</i>	1	+1 jika memutar atau miring kesamping +1 jika bahu di tinggikan
>20° <i>extension</i> 20° - 45° <i>flexion</i>	2	+1 jika bersandar, bobot lengan di topang atau sesuai gravitasi
45° -90° <i>extension</i>	3	
90° <i>flexion</i>	4	

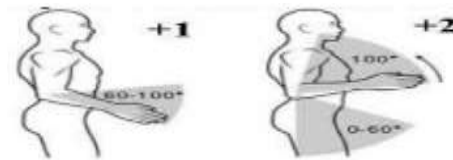
(Sumber : S. Hignett, L. McAtamney)

b. Lengan bawah (*upper arm*)

Saat melakukan mekanik, bagian tubuh lengan bawah membentuk sudut mulai dari 0 ° hingga lebih dari 100 °. Gambar 2.9 dan Tabel 2.8 menampilkan

Gambar 2. 9 Postur Tubuh Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)

evaluasi gerakan lengan bawah (lengan bawah) sebagai berikut:



(Sumber : S. Hignett, L. McAtamney)

Skor penilaian untuk postur tubuh bagian lengan atas (*upper arm*) dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Skor Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)

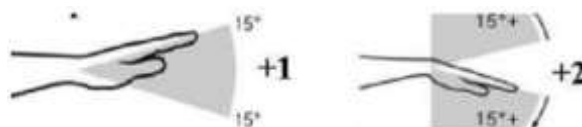
Pergerakan	Skor
60°- 100° <i>flexion</i>	1
<60° <i>flexion</i> atau >100° <i>flexion</i>	2

(Sumber : S. Hignett, L. McAtamney)

c. pergelangan tangan (Wrist)

Saat melakukan mekanik, sudut pergelangan tangan dapat berkisar dari kurang dari 15 derajat, yang netral, hingga lebih dari 15 derajat. Pergelangan tangan juga dapat berputar atau melengkung ke samping. Gambar 2.16 dan Tabel 2.8 menampilkan evaluasi gerakan pergelangan tangan (pergelangan tangan) di rinci.

Gambar 2.10 Postur Tubuh Bagian Pergelangan Tangan (*Wrist*)



Sumber : S. Hignett, L. McAtammey)

Skor penilaian untuk postur tubuh pergelangan tangan (*wrist*) dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Skor Bagian Pergelangan Tangan (*wrist*)

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
0° - 15° <i>flexion</i> <i>extension</i>	1	+1 Jika pergerakan tangan menyimpang/berputar
>15° <i>flexion</i> <i>extension</i>	2	

(Sumber : S. Hignett, L. McAtammey)

Posisi pergelangan tangan yang netral dan pergelangan tangan tidak berputar menyebabkan posisi kerja semakin baik dan nilai REBA akan semakin baik pula.

Tabel 2.10 Skor Grup B REBA dan *Coupling*

Table B	Lower Arm						
		1			2		
	<i>Wrist</i>	1	2	3	1	2	3
<i>Upper Arm Score</i>	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Tabel 2.11 Penilaian *score coupling*

<i>Score Coupling</i>			
0 - <i>Good</i>	1 – <i>Fair</i>	2 - <i>Poor</i>	3 - <i>Unacceptable</i>
Pegangan pas dan tepat ditengah, genggaman kuat	Pegangan tangan bisa diterima tapi tidak ideal/coupling lebih sesuai digunakan oleh bagian lain dari tubuh	Pegangan tangan tidak bisa diterima walaupun memungkinkan	Dipaksakan genggaman yang tidak aman, tanpa pegangan, coupling tidak sesuai digunakan oleh bagian lain dari tubuh

(Sumber : S. Hignett, L. McAtammey)

Tabel B adalah penggabungan skor dari grup B untuk skor postur lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan.

Tabel B adalah penggabungan skor dari grup B untuk skor postur lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Sehingga diperoleh skor tabel B. Kemudian skor tabel B ditambahkan ke coupler atau coupling masing-masing bagian tangan.

Skor B adalah jumlah skor tabel B dan kopling masing-masing tangan. Tabel B skor ditambah 0 (nol) yang berarti baik atau ada daya cengkeram pada beban dan operator mengangkat beban hanya dengan menggunakan setengah daya, ditambah 1

(satu) yang berarti ada daya cengkram yang wajar atau ada beban genap meskipun itu bukan pegangan dan operator mengangkat beban dengan bantuan. menggunakan badan lain, ditambah 2 (dua) yang berarti buruk atau tidak ada pegangan pada beban, dan ditambah 3 (tiga) yang berarti tidak dapat diterima bahwa tidak ada pegangan yang aman pada beban dan operator mengangkat beban tidak dapat dibantu oleh orang lain. anggota tubuh.

Untuk mendapatkan skor akhir (grand score), skor yang diperoleh untuk postur grup A dan grup B digabungkan ke dalam Tabel C. Kemudian skor REBA merupakan penjumlahan skor C dan skor aktivitas. Berikut adalah tabel skor C dan skor aktivitas pada Tabel 2.11.

Score A (score form table A +load/force score)	Table C											
	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11

8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	1	11	11
										1		
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	1	12	12
										2		
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	1	12	12
										2		
11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	1	12	12
										2		
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1	12	12
										2		

(Sumber : S. Hignett, L. McAtammey)

Jika satu atau lebih bagian tubuh bergerak secara statis selama lebih dari satu menit, terdapat pengulangan gerakan sebanyak empat (empat) kali dalam satu menit (tidak termasuk berjalan), dan perubahan gerakan atau postur terjadi lebih cepat dengan dasar yang tidak stabil, maka skor aktivitas adalah C ditambah 1 (satu). Tahap REBA akhir mengevaluasi tingkat tindakan skor REBA akhir. Tabel Tingkat Tindakan metode REBA dapat ditemukan di bawah.

Tabel 2. 13 : REBA *Action Level*

Action Level	Skor REBA	Level Resiko	Tindakan Perbaikan
0	1	Bisa diabaikan	Tidak perlu
1	2-3	Rendah	Mungkin Perlu
2	4-7	Sedang	Perlu
3	8-10	Tinggi	Perlu segera
4	11-15	Sangat Tinggi	Perlu saat ini juga

(Sumber: Hignett, S., McAtamney, L. 2000)

Skor REBA inilah yang selanjutnya akan digunakan sebagai penilaian postur kerja untuk menentukan level tindakan perbaikan yang harus dilakukan. Level tindakan perbaikan tersebut disesuaikan dengan tindakan level risiko dan skor nilai akhir REBA yang telah didapat.

2.5. Perancangan Alat.

Proses mengubah ide atau kebutuhan pasar menjadi informasi spesifik yang dapat digunakan untuk membuat suatu produk dikenal sebagai desain adapun desain. Ada tiga jenis desain, yaitu sebagai berikut:

1. Desain konseptual: adalah gaya baru yang belum pernah terlihat sebelumnya. Perancang harus mempertimbangkan sebanyak mungkin pilihan saat mencari desain asli dan memilih yang terbaik.
2. Desain pengembangan atau adaptif: berusaha meningkatkan prinsip kerja untuk mencapai perubahan yang lebih menguntungkan dalam kinerja alat yang dirancang. Bahan untuk alat yang dirancang dapat berkembang berkat desain semacam ini.
3. Variasi desain: adalah metode desain di mana dimensi atau skala detail alat yang dirancang diubah tanpa mengubah cara kerja atau cara kerja alat.

Pengembangan produk adalah proses yang sangat luas yang merupakan bagian dari desain produk. Desain produk baru dikembangkan bersamaan dengan rencana produksi, distribusi, dan penjualan dalam pengembangan. Prosedur ekstensif ini disebut sebagai pengembangan usaha baru. Pengembangan produk adalah komponen industri proses inovasi dan tidak

berdiri sendiri. Penggunaan produk baru di pasar (bagaimana menerapkan produk baru), perencanaan penjualan, produksi, distribusi, penjualan, dan layanan purna jual adalah semua aspek inovasi industri. Akibatnya, inovasi mencakup berbagai kemajuan yang lebih luas. Inovasi juga mencakup pelaksanaan rencana pengembangan, penciptaan produk baru, atau metode produksi baru (Roozenburg dan Eekels, 1995)

Produk adalah sesuatu yang dijual bisnis kepada pelanggan. Menganalisis persepsi dan peluang pasar adalah langkah pertama dalam proses pengembangan produk. Upaya pengembangan produk dianggap berhasil dari perspektif investor dalam bisnis yang berorientasi pada keuntungan jika produk dapat diproduksi dan menghasilkan keuntungan. Namun, dapat menjadi tantangan untuk secara akurat dan cepat menilai keuntungan. Menurut Ulrich dan Eppinger (2001), lima dimensi spesifik tambahan yang terkait dengan keuntungan dan sering digunakan untuk mengevaluasi kinerja upaya pengembangan produk adalah

usaha pengembangan produk menurut *Ulrich* dan *Eppinger* (2001) yaitu:

1. Kualitas produk

Seberapa produk Seberapa baik produk yang dihasilkan dari pengembangannya, apakah memenuhi kebutuhan pelanggan, dan apakah tahan lama dan dapat diandalkan. Kualitas produk pada akhirnya akan mempengaruhi pangsa pasar dan harga yang diinginkan pelanggan membayar untuk itu

2. Biaya produk

Biaya yang terkait dengan peralatan dan peralatan modal, selain biaya produksi setiap unit produk, merupakan biaya produk. Pada harga dan volume penjualan tertentu, biaya produk menentukan berapa banyak laba yang diperoleh perusahaan

3. Waktu pengembangan produk

Waktu pengembangan produk Kemampuan perusahaan untuk bersaing, daya tanggapnya terhadap perubahan teknologi, dan akhirnya penerimaannya terhadap pengembangan ekonomi dari upaya tim pengembangan semuanya akan ditentukan oleh seberapa cepat anggota tim menyelesaikan pengembangan produk

4. Biaya pengembangan

Biaya Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mengembangkan produk disebut biaya pengembangan. Sebagian besar waktu, biaya pengembangan adalah salah satu bagian terpenting dari investasi yang diperlukan untuk menghasilkan uang.

5. Kapabilitas pengembangan

Kemampuan untuk pengembangan Apakah perusahaan dan tim pengembangannya lebih mampu mengembangkan produk masa depan sebagai hasil dari pengalaman proyek. Perusahaan dapat menggunakan kemampuan pengembangan mereka untuk mengembangkan produk di masa depan dengan cara yang lebih efisien dan hemat biaya..