

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Kerja

Sistem kerja merupakan ilmu yang terdiri dari prinsip dan pendekatan. Untuk mencapai tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi bagi bisnis serta keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan pekerja, teknik dan prinsip ini digunakan untuk mengukur komponen sistem kerja yang terdiri dari orang-orang dengan karakteristik dan kemampuan yang berbeda, peralatan, material, dan lingkungan kerja. Berdasarkan jumlah waktu yang dihabiskan untuk bekerja, ketegangan fisik yang dialami, dan dampak psikologis dan sosial yang ditimbulkannya, rancangan sistem kerja mencerminkan rasa kebaikan.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, alat pengukur waktu yang dikembangkan oleh pemula dan prinsip-prinsip studi gerak bergabung untuk membuat desain sistem. Ciri-ciri masing-masing terus ada di iterasi selanjutnya, tetapi dengan cakupan yang lebih besar. Pengukuran tetap dilakukan dengan menggunakan teknik pengukuran, meskipun tidak hanya digunakan untuk mengukur waktu. Pendekatan saat ini menggabungkan banyak prinsip desain sistem kerja lainnya, seperti membuat tata letak tempat kerja dan peralatan dalam konteksnya dengan aktivitas manusia, selain hanya mengevaluasi pergerakan atau sekitarnya. Ergonomi makro bahkan telah diterapkan pada komponen teknologi dan organisasi sistem kerja sejak tahun 1990-an.

Sistem kerja terbaik, atau yang memiliki efisiensi dan produksi tertinggi, adalah yang dikejar dengan strategi dan ide ini. Manusia, material, peralatan dan perkakas seperti mesin dan alat bantu, lingkungan kerja seperti ruangan ber-AC, dan kondisi pekerja lain di sekitarnya merupakan empat komponen utama dari sistem kerja. Hal ini menunjukkan faktor yang mempengaruhi produktivitas dan efisiensi kerja. Elemen-elemen ini disatukan sedemikian rupa sehingga memungkinkan pencapaian tujuan dengan menggunakan metode dan ide yang ditunjukkan di atas.

2.1.1 Ruang lingkup perancangan sistem kerja

Ruang lingkup penerapan sistem terkait dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu yang menata unsur-unsur sistem kerja (manusia, alat, bahan, dan lingkungan) serta yang mengukur kebaikan rancangan sistem yang bersangkutan. Sistem pertama disebut sebagai sistem "penataan kerja", sedangkan yang kedua adalah sistem "pengukuran kerja".

Untuk mencapai alternatif sistem kerja terbaik, pengaturan sistem kerja biasanya menggabungkan prinsip-prinsip yang mengontrol komponen sistem kerja, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Di sini, komponen-komponen sistem kerja diatur sedemikian rupa sehingga jika diambil secara keseluruhan, dapat menghasilkan keadaan EASNE yang tinggi (efektif, aman, sehat, menyenangkan, dan efisien). Oleh karena itu, perancangan sistem kerja dengan konsep-konsep yang harus diperhatikan dan diupayakan pelaksanaannya dibahas pada bagian ini. Opsi fungsi terbaik akan diperoleh dengan menggunakan ide-ide ini.

2.2 Ergonomi

2.2.1. 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 Nurmiyanto (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 (Nurmiyanto , 1996).

Santoso (2013) mengatakan bahwa ergonomi adalah ilmu, teknologi, dan upaya seni untuk menyeimbangkan kemampuan, kemampuan, dan keterbatasan manusia dengan mesin Operator, 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. Santoso (2013)

Berbagai bagian dari iklim normal manusia, termasuk perangkat keras, iklim aktual, dan posisi pembangunan (pekerjaan), harus diperbarui, disesuaikan, atau dirombak sesuai dengan kapasitas dan kendala masing-masing. 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. Santoso (2013)

2.2.2 Tujuan Ergonomi

Ergonomi mengharapkan untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja suatu bisnis atau asosiasi. Hal ini dapat dicapai jika suatu Operator cocok dengan Operator lain. 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 Operator 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.

2.2.3 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. Tarwaka (2004)

2.2.4 Karakterisasi Ergonomi

Asosiasi Ergonomi Internasional mendefinisikan ergonomi terbagi dalam tiga kategori besar yaitu:

1. Ergonomi bergerak

Kategori ergonomi yang memperhitungkan anatomi manusia, antropometri, sifat fisiologis, dan bioOperator disebut ergonomi fisik. Penilaian ergonomi fisik ini mengukur gerakan berulang, postur kerja, dan penanganan material.tentang sistem muskuloskeletal, desain tempat kerja, dan kesehatan dan keselamatan kerja.

2. Ergonomi mental.

Ergonomi mental berkaitan dengan bagaimana kemampuan mental termasuk penglihatan, memori, pemikiran, dan reaksi mesin mempengaruhi bagaimana individu berinteraksi dengan perspektif yang berbeda. Ergonomi mental mempelajari beban kerja, proses mental, pengambilan keputusan, kinerja, keterampilan, interaksi antara manusia dan alat, stres kerja, dan pelatihan.

3. Perencanaan ergonomis

Tujuan dari asosiasi ergonomis ini adalah untuk memperkuat kerangka sosio-spesialisasi, termasuk konstruksi otoritatif, pendekatan, konfigurasi kerja, konfigurasi waktu kerja, kolaborasi, rencana ergonomi partisipatif area lokal, pekerjaan bermanfaat, standar kerja baru, budaya hierarki, dan administrasi kualitas otoritatif.

2.3 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. Oleh karena itu, ada anggapan bahwa informasi antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan aspek spesifik dari barang yang sedang direncanakan serta individu yang akan mengerjakan atau memanfaatkan barang tersebut.

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. Wigjosoebroto (2000)

2.3.1 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:

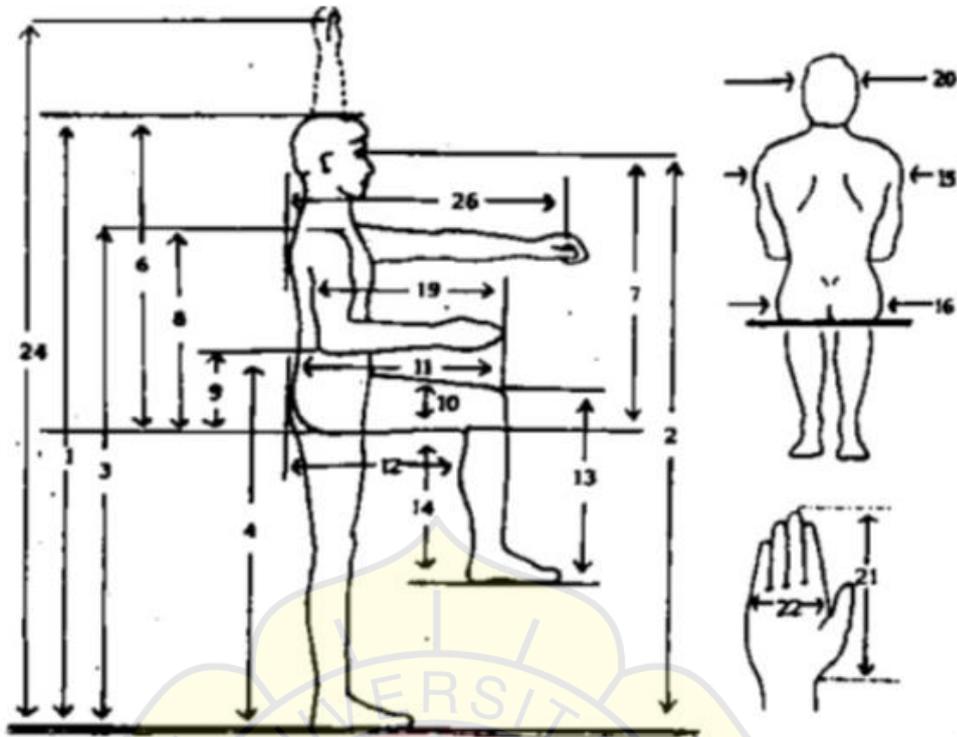
- a. Sebuah Nilai persentil terbesar, seperti persentil ke-90, ke-95, atau ke-99, biasanya digunakan untuk memenuhi dimensi minimum yang harus ditentukan dari sebuah desain produk.
 - b. Nilai persentil terendah (persentil pertama, kelima, atau kesepuluh) dari sebaran data antropometrik yang ada digunakan untuk memenuhi dimensi maksimum yang dipersyaratkan.
2. Nilai persentil 5 untuk aspek paling ekstrim dan nilai persentil ke 95 untuk aspek terkecil tidak seluruhnya dapat diselesaikan dengan menerapkan informasi antropometri pada denah barang atau kantor kerja.
 3. 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..

4. 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. Nurmiyanto (2004)



Gambar 2. 1: Anthropometri Tubuh

Sumber : Anthropometri indonesia (2023)

Berikut ini adalah Tabel keterangan dimensi tubuh yang terdapat pada gambar diatas :

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

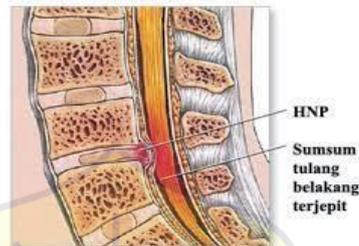
30	D30	Panjang Kaki
31	D31	Lebar Kaki
32	D32	Panjang Rentangan Tangan ke Samping
33	D33	Panjang Rentangan Siku
34	D34	Tinggi Genggaman Tangan ke Atas dalam Posisi Berdiri
35	D35	Tinggi Genggaman Tangan ke Atas Dalam Posisi Duduk
36	D36	Panjang Genggaman Tangan ke Depan

Sumber : Anthropometri indonesia (2023)

2.3.2 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 Operator 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), Keluhan muskuloskeletal disebabkan oleh peregangan otot yang berlebihan, aktivitas yang berulang-ulang, sikap kerja yang tidak wajar, penyebab sekunder, dan penyebab gabungan. Seperti yang ditunjukkan oleh Tarwaka (2010)



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. Operator sering kali mengungkapkan kekhawatirannya tentang peregangan otot yang berlebihan, yang juga dikenal sebagai aktivitas berlebihan, saat melakukan tugas kerja yang memerlukan banyak tenaga, seperti mengangkat, mendorong, menarik, atau menahan beban berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi ketika diperlukan pengerahan tenaga yang lebih besar daripada kekuatan otot yang paling ekstrem. 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 gabungannya meliputi: (Antropometri) jenis kelamin, usia, status merokok, kekuatan, dan ukuran tubuh. Sesuai Tarwaka (2010)

2.3.3 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 ditebuk.
- d. Operator tidak boleh dipaksa untuk bekerja dengan tangan atau lengan ditinggikan di atas siku secara teratur atau untuk waktu yang lama. Mufti dan Suryani (2013)

2.3.4 Faktor Risiko Sikap Kerja Terhadap Gangguan *Musculoskeletal*

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.

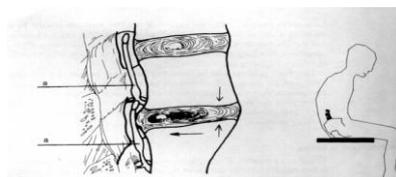
1. Sikap Kerja Berdiri

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 intervertebratal disc bagian lumbar pada saat

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 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 invertebralis lumbar. Faktanya, ligamen di sisi belakang disk meregang. Akibatnya, punggung bagian bawah terasa sakit dari kondisi ini.

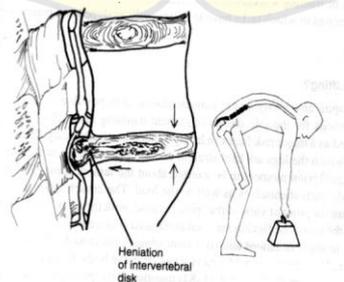
“*Slipped disk*” akan terjadi jika sikap kerja membungkuk diikuti dengan mengangkat beban yang berlebihan. Prosesnya sama dengan membungkuk saat bekerja, tetapi beban yang berlebihan merusak ligamen lumbar dan menekan pembuluh saraf di sisi belakang tulang belakang. Tekanan lumbar memaksa material keluar 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. Bernard dan Fine (1997)

Untuk menahan tekanan, penekanan area ini memiliki batas. Wilayah L5/S1 dari diskus invertebralis 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 Bernard dan Fine (1997)



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. Bernard dan Fine (1997)

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 genggaman 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.

2.3.5 *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 (*reversible*), adalah keluhan yang terjadi ketika otot dikenai beban statis; namun, setelah pemuatan dihapus, keluhan akan segera hilang. (Tarwaka et al., 2004)

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.

2.3.6 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 Terus-menerus: mencangkul, membelah kayu-kayu besar, mengangkat dan mengangkut, dan tugas-tugas lainnya merupakan gambaran perbuatan yang membosankan. Siksaan otot terjadi ketika otot terus menerus fokus karena pekerjaan mempunyai waktu dan tenaga untuk melepas lelah.
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 Berada di lingkungan yang dingin dapat membuat pekerja menjadi kurang lincah, sensitif, dan kuat. Hal ini menyulitkan pekerja untuk bergerak cepat dan melemahkan otot-ototnya sehingga membuat mereka lebih sulit bergerak. Kontraksi statistik ini mendistribusikan darah secara tidak merata, meningkatkan produksi asam laktat, dan pada akhirnya menyebabkan nyeri otot. Otot akan membutuhkan energi apabila tidak diimbangi dengan pasokan energi yang memadai. asam laktat yang dapat menyebabkan nyeri otot, berkurangnya pasokan oksigen ke otot, gangguan siklus pencernaan gula, 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. (Tarwaka et al., 2004)

2.3.7 Persentil antropometri

Sebagian besar informasi antropometri diberikan sebagai persentil. Untuk alasan penelitian, suatu populasi dibagi menjadi 100% kelompok, dengan nilai yang dihasilkan diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar pada ukuran tubuh tertentu. Persentil menunjukkan persentase populasi dengan ukuran pada atau di bawah nilai tertentu (Wignjosoebroto, 2008). Seharusnya dimungkinkan untuk menciptakan barang yang fleksibel dan dapat dimodifikasi (*adjustable*) dalam rentang tertentu jika terjadi fluktuasi ukuran sebenarnya selama proses desain produk (Wignjosoebroto, 2008). Adapun perhitungan terhadap percentil sebagai berikut :

- P5 = $\bar{x} - 2\sigma$
- P50 = \bar{x}
- P95 = $\bar{x} + 2\sigma$

Keterangan : \bar{x} = Nilai rata-rata dari pengukuran

: σ = Standart deviasi

2.4 Manual Material Handling

Yang dimaksud dengan pendefinisian material secara manual menurut Wignjosoebroto (2003) adalah cara pemindahan benda dengan cara manual, dimana pekerja menggunakan tenaga untuk mengangkat, menurunkan, mendorong, dan menarik suatu benda. American Materials Dealing with Society (AHMS) mendefinisikan pemeliharaan material sebagai keterampilan dan ilmu yang mencakup penanganan, pemindahan, pengepresan, penyimpanan, dan pengendalian material di seluruh

strukturnya. Ini adalah penggunaan istilah "pemindahan beban manual" yang berbeda. Jumlah aktivitas manual yang berhubungan dengan material telah berkurang menjadi lima, sebagaimana dicatat oleh Bridger (1995): mendorong, menarik, mengangkat, menurunkan, membawa, dan menahan. Material yang benar-benar bergerak dapat menyebabkan kecelakaan kerja jika latihan ergonomis tidak diselesaikan.

Menurut Nurmianto (2005), ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk mengurangi frekuensi nyeri punggung:

1. Berat badan turun.
2. membandingkan beban dan berat badan seseorang.
3. dipisahkan secara horizontal antara orang dan beban.
4. Ukuran barang yang diangkat (beban yang besar akan memiliki pusat gravitasi yang jauh dari tubuh dan dapat menghalangi pandangan pengangkat).

Pembatasan angkat beban bagi karyawan diperlukan demi menjaga lingkungan kerja yang sehat, aman, dan nyaman. Menurut Nurmianto (2005), batasan ini berlaku pada beban maksimal yang dapat diangkat:

1. Pembatasan pengangkatan yang legal

Beberapa batasan secara legal beberapa negara. Komisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Nasional menetapkan batas pengangkatan ini dan langkah-langkah yang harus diambil untuk memenuhinya:

Tabel 2. 2: Tabel Beban angkat

Tingkat	Batas Pengangkatan (Kg)	Tindakan
1	=16	Tidak diperlukan tindakan khusus
2	16-25	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak diperlukan alat bantu untuk aktivitas mengangkat - Ditekankan pada metode angkat
3	25-34	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak diperlukan alat bantu untuk aktivitas mengangkat - Dipilih job redesign
4	34	<ul style="list-style-type: none"> - Harus di perlukan alat bantu

Sumber : beban kerja angkat (2010)

2. Batasan angkat dengan menggunakan biomechanical limitations

Pentingnya analisis bioOperator berkaitan dengan posisi atau postur tugas pekerjaan, serta ukuran dan berat beban manusia. Sedangkan beban kopresi diskus invertebralis antara angka lumbal lima dan satu menjadi dasar kriteria keselamatan kerja.

3. Batas pengangkatan fisiologis (physiological hambatan),

Teknik mengangkat ini menghitung jumlah oksigen yang dikonsumsi sekaligus memperhitungkan beban metabolisme tipikal dari latihan angkat beban berulang. Perhatikan baik-baik hal ini, terutama saat menentukan batas angkat. Karena penumpukan asam laktat yang berlebihan, cedera stres berulang (kelelahan kerja) meningkatkan risiko ketidaknyamanan tulang belakang.

4. Batas pengangkatan secara psiko-fisik

Metode ini bergantung pada serangkaian tes berbahaya untuk menambah berat badan dalam berbagai kondisi dan tingkat yang berbeda. Tiga tersedia.

Berikut ini adalah kategori posisi mengangkat:

- a. Dari tanah ke ketinggian pegangan (ketinggian buku jari)
- b. Dari buku jari ke bahu
- c. Jangkauan lengan maksimal (vertikal) dari tinggi bahu (setinggi bahu).

Pekerja mungkin mengalami nyeri punggung dan nyeri serta nyeri lainnya akibat pembatasan pengangkatan ini. Hal ini juga berpotensi meringankan stres para pekerja manual dan mereka yang memiliki beban kerja berat.

2.4 NIOSH Lifting Equation.

NIOSH merupakan salah satu metode untuk menyarankan beban yang dapat diangkat pekerja dengan aman (Waters, 1994). Faktor *vertikal* dan *datar* adalah salah satunya. NIOSH telah memeriksa berbagai faktor yang mempengaruhi operator, termasuk:

1. Berat benda yang dipindahkan; pemuatan langsung menghasilkan informasi ini.
2. Posisi pembebanan yang berhubungan dengan tubuh dan faktor-faktor yang mempengaruhinya antara lain:
 - a. Jarak *horizontal* gerakan beban dari pusat gravitasi tubuh.

- b. Pemindahan beban vertikal dari lantai.
 - c. Titik dikeluarkannya beban dari titik sagital (posisi mengangkat badan cot kanan).
3. Untuk transfer frekuensi tinggi, rata-rata transfer per menit dicatat.
 4. Total periode (durasi) waktu yang dibebankan selama transfer. (Waters, 1994)

2.4.1 Recommended Weight Limit (RWL)

Recommended Weight Limit adalah saran batas beban yang dapat ditingkatkan bahkan jika pekerjaan tersebut dilakukan berulang kali dan dalam jangka waktu yang lama secara melawan hukum oleh manusia tanpa merugikan mereka (Waters, 1994). RWL disiapkan oleh NIOSH di AS pada tahun 1991. Persamaan niosh mencakup keadaan berikut:

1. Tidak ada penambahan beban atau pengurangan beban pekerjaan; bebannya statis.
2. Kedua tangan digunakan untuk mengangkat beban.
3. Mengangkat atau menurunkan benda harus dilakukan tidak lebih dari delapan jam.
4. Tidak boleh duduk atau berlutut saat mengangkat atau menurunkan sesuatu.
5. Tersedia ruang yang cukup untuk bekerja.

Rumus untuk menghitung batas beban yang disarankan untuk mengangkat seorang pekerja tergantung pada keadaan sekitar

pengangkatan. Tugas tunggal dan banyak tugas adalah keadaan yang disebutkan. (Waters, 1994)

2.4.2 *Single Task*

Menurut Waters (1994), manual job shifting (disebut juga dengan single tasking) adalah job shifting dimana job tersebut tidak dikembalikan kembali dan locking distance tidak diubah baik secara vertikal maupun horizontal. Keabaikan itu menggunakan kegiatan berikut untuk menentukan beban yang disarankan untuk satu jenis perpindahan:

$$RWL = LC \times HM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (2-1)$$

Sumber: Waters (1994)

Data:

1. LC = susun mantap = 23 kg
2. Faktor pengali perpindahan, atau DM, adalah $DM = 0,82 \text{ ditambah } (4,5/D) \quad (2-2)$. Waters Sumber (1994)

Fase yang paling penting dalam menentukan faktor pengganda jarak adalah menentukan jarak perjalanan ke atas, khususnya jarak ke atas yang ditempuh oleh suatu item dari penugasan dasar ke penugasan terakhir.

1. HM = pengganda level

$$HM = 25/\text{Jam} \quad (2-3)$$

Sumber: Perairan (1994)

$$RWL = LC \times HM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (2-1)$$

Menyadari perkiraan posisi rata dari titik tengah garis penghubung tulang-tulang tungkai bawah bagian dalam ke tempat proyeksi tempat

beban diangkat merupakan tahap paling penting dalam menghitung perkalian hirizontal.

4. FM = faktor pengali frekuensi (Frequency Multiplier).

Frekuensi Pengangkatan, atau jumlah rata-rata pengiriman per menit, digunakan untuk menghitung frekuensi. $F = 0,2$ lift/menit bila frekuensi start kurang dari 5 menit.

.Tabel 2. 3: Tabel Frekuensi Multiplier

Frequency lift/min (F)	Work duration					
	<1 hour		>1 but<2hour		> 2 but< 8 hour	
	V<75 cm	V>75 cm	V<75 cm	V>75 cm	V<75 cm	V>75 Cm
<0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,74	0,74
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,5	0,5	0,27	0,27
7	0,7	0,7	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,6	0,6	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,3	0,3	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	0,31	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
>15	0	0	0	0	0	0

Sumber: Waters (1994)

5. CM = penganda pegangan (Pegangan)

lebih spesifik tentang kualitas penganda agregasi dan menentukan nilainya. Berikut adalah garis besar karakternya :

Tabel 2.4 Klasifikasi Tangan dengan Kopling.

<i>Good</i>	<i>Fair</i>	<i>Poor</i>
kontainer atau box dengan <i>design handle</i> berbentuk <i>cylindrical</i> yang memiliki diameter 1,9-3,8 cm, panjang 11,5 cm, jarak ruang 5 cm, dan permukaan yang halus namun tidak licin	Tidak memiliki <i>design handle</i> yang optimal namun tangan dapat meraih <i>handle</i> dengan mudah, permukaan yang tidak licin	Box tidak memiliki pegangan, sulit dipegang (licin,taham), berisi barang yang tidak stabil (pecah tumpah jatuh)
Untuk Benda yang tidak biasa, pekerja harus bisa menggenggam objek dengan nyaman tanpa menyebabkan postur tubuh yang aneh	kontainer atau box tidak memiliki pegangan, pekerja dapat memegang benda dengan membentuktangan sudut 90° dibawah kontainer/box	Memerlukan sarung tangan untuk mengangkatnya. Karena bentuknya yang keras dan kaku

Sumber: Waters (1994)

Klasifikasi kopling pada tabel diatas menjadi dasar perhitungan nilai kopling yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai kopling. Ada alasan untuk masing-masing deskripsi ini, yang membuatnya lebih mudah untuk mengetahui grip mana yang termasuk dalam kelompok mana dan berapa nilai pengganda gripnya. Jika tinggi benda dari lantai pada saat diangkat salah atau sama dengan 75 cm ($V \leq 75$ cm), maka nilai gripnya adalah 1,00, dan nilai grip multipliernya adalah 1,00 jika tinggi benda lebih menonjol atau sama dengan 75 cm ($V > 75$ cm). Juga memasukkan nilai-nilai penghubung untuk pengelompokan yang adil dan mengerikan.

Dasar penentuan nilai penyimpanan adalah klasifikasi penyimpanan pada tabel diatas yang menjadi dasar penghitungan nilai penyimpanan. Nilai pengali grip akan lebih mudah ditentukan jika masing-masing karakteristik tersebut dijelaskan, sehingga memudahkan dalam menentukan grip mana yang termasuk dalam kelompok mana. Apabila tinggi benda dari lantai pada saat diangkat salah atau setara dengan 75 cm ($V \leq 75$ cm), maka nilai genggamannya adalah 1,00, dan nilai pengali pegangannya adalah 1,00 dengan asumsi tinggi benda tersebut lebih tinggi

dari pada atau setara dengan 75 cm ($V > 75$ cm). Selain itu memasukkan nilai-nilai gabungan untuk tandan dengan kelebihan dan kekurangan. Tabel

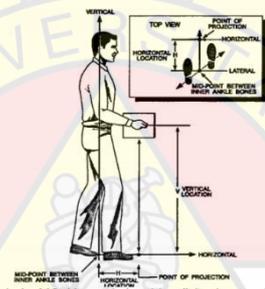
2.5 Coupling Multiplier

Type coupling	CM	
	$V > 75$ CM	$V > 75$ CM
<i>Good</i>	1,00	1,00
<i>Fair</i>	0,95	1,00
<i>Poor</i>	0,90	0,90

Sumber: Waters pada tahun 1994

6. VM = faktor pengali vertikal VM

$$VM = 1 - 0,003|V - 75| \quad (2-4)$$



Gambar 2.5 Posisi tangan (datar dan vertikal) saat memindahkan barang

Sumber: Waters pada tahun 1994

7. AM = faktor pengali Asymmetric

$$AM = 1 - (0,0032 \times A) \quad (2-5)$$

Sumber: Waters dari tahun 1994

Klasifikasi penyimpanan pada tabel digunakan untuk menentukan nilai penyimpanan. Menghitung pengali asimetris adalah langkah pertama dalam menentukan sudut asimetris. Perpotongan garis menyimpang dan garis tengah sagital merupakan malaikat asimetris.

cedera tulang belakang, namun jika hasil penilaian $LI > 1$ maka tindakan transportasi mengandung taruhan cedera tulang belakang. kerusakan tulang belakang. Kondisi yang digunakan dalam menangani catatan pengangkatan adalah sebagai berikut.

$$LI = \frac{\text{Load Weight (L)}}{\text{Recommended Weight Limit (RWL)}}$$

Sumber: Waters (1994)

Sumber: Waters (1994)

2.4.3 Multi Task

Seperti yang ditunjukkan oleh Waters (1994), pekerjaan pertukaran manual (atau disebut melakukan banyak tugas) adalah jenis pekerjaan pengembangan dimana pekerjaan pertukaran dilakukan berulang-ulang dan jarak pengangkutan berubah baik ke atas maupun secara merata. Perkiraan yang digunakan dalam melakukan tugas yang berbeda adalah sebagai berikut.

1. FIRWL (Pembatasan Berat Badan yang Disarankan Secara Otonom Berulang).

Untuk satu tugas, frekuensi pemanggilan yang disarankan adalah FIRWL. FIRWL menggambarkan daya tekan dan kekuatan otot yang diharapkan dalam suatu usaha.

FIRWL sama dengan LC, HM, VM, DM, AM, dan CM. Perairan (1994)

2. STRWL (Titik Pemutusan Berat yang Disarankan Penugasan Tunggal)

STRWL adalah batas muatan yang disarankan untuk satu tugas pindahan.

$$STRWL = FIRWL \times FM$$

3. Kompresi otot yang berulang selama setiap pengangkutan tumpukan disebut sebagai FILI (Frequency Independent Lifting Index).

$$FILI = L / FIRWL$$

4. Nilai umum ketegangan otot pada saat melakukan single lift dikenal dengan STLI (Single Task Lifting Index).

$$L / STRWL = STLI.$$

5. CLI (*Composite Lifting Index*)

$$CLI = STLI + \sum_1^n FILI$$

Dimana :

$$FILI_2 = \left\{ FILI_1 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right) \right\}$$

2.5 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 periksa 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).

Peta tubuh Nordich, sebuah kuesioner objektif, digunakan untuk mengidentifikasi masalah otot di bagian tubuh tertentu. Kuesioner ini menggunakan gambar sembilan bagian tubuh, antara lain leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, siku, pinggang, lutut, dan tumit. Saat

menyelesaikan pekerjaan, perkiraan waktu ujian dapat digunakan untuk menghindari kecenderungan.

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 kuisisioner ini. Setiap pekerja yang menjadi responden diminta untuk mengisi kuisisioner dengan menyebutkan apakah mereka mengalami gangguan pada bagian tubuh tertentu. Tabel berikut menggambarkan kuisisioner NBM.

Tabel 2. 7: 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		

No	Lokasi	Keluhan Sakit	
		Sakit	Tidak Sakit
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		

Sumber : Segmen Sakit tubuh pada manusia (2023)

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 musculoskeletal.

2.6 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 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 yang dihabiskan untuk perbaikan Kemampuan organisasi untuk bersaing, kemampuannya beradaptasi terhadap perubahan mekanis, dan pada akhirnya kemampuannya untuk mengenali kemajuan finansial dari upaya perbaikan kolektif, semuanya akan bergantung pada seberapa cepat rekan kerja menyelesaikan perbaikan

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.

2.7 Penelitian Terdahulu

Referensi Pada penelitian ini dibutuhkan untuk dijadikan landasan acuan pendukung bahwa penelitian ini dibuat dengan memiliki dasar untuk memperkuat argument melalui kebenaran atau fakta yang telah teruji, berikut merupakan table yang berisi referensi penelitian terdahulu.

Tabel 2.8 Penelitian terdahulu

Judul	Peneliti	Metode	Tahun	Hasil
ANALISIS PERBAIKAN WORKSTATION PADA FINISH PRODUK INNER KARUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE NIOSH LIFTING EQUATION	Deela Sumar Dwi Hapsari	NIOSH,NBM	2018	Pada penelitian ini merupakan penelitian pada penurunan gulungan inner karung dari mesin produksi terdiri dari tiga aktivitas dimana nilai Lnya lebih dari 1 setelah menggunakan alat bantu <i>lift table</i> ketiga aktivitas tersebut memiliki nilai LI dibawah 1
ANALISIS PERBAIKAN PROSEDUR KERJA MENGGUNAKAN METODE NORDIC BODY MAP, NIOSH LIFTING EQUATION DAN JOB SAFETY ANALYSIS DI PT SAHABAT MEWAH DAN MAKMUR	Tika Harini	NIOSH	2022	Pada penelitian ini diketahui nilai CLI pada pengangkatan beban sebesar 50 Kg adalah 7,13 yang mana resiko sangat tinggi, dan dilakukan perhitungan ulang dengan rekomendasi beban kerja adalah 20 Kg dan diketahui hasilnya adalah 2,85 dimana resiko sangat jauh berkurang menjadi sedang
REKOMENDASI PERBAIKAN POSTUR KERJA KARYAWAN	Arvandi Ari Pradiska	NIOSH	2020	Pada penelitian ini Postur kerja pada stasiun pengecoran dari

<p>UNTUK MEMINIMALISIR RESIKO CIDERA DENGAN PENDEKATAN BIOMEKANIKA (Studi Kasus di CV Dwi Jasa Logam, Ceper, Klaten, Jawa Tengah)</p>				<p>membungkuk menjadi berdiri yang bertujuan meminimalisir resiko cedera otot dengan nilai momen gaya sebelum perbaikan 4512,1 N dan sesudah perbaikan 2693,9 N dengan selisih 1818,2 N. Nilai LI sebelum perbaikan 9,61 dan sesudah perbaikan 1,27 dengan selisih 8,34.</p>
<p>ANALISIS DAN USULAN PERBAIKAN PEKERJAAN PENGANGKATAN ATAU PENURUNA MANUAL BERSIFAT MULTI-FUNGSI BERDASARKAN LIFTING EQUATION STUDI KASUS DI PT. CHITOSE INDONESIA MANUFACTURING)</p>	<p>Thedy Yogasara dan Margaretha Puspitasari</p>	<p>NIOSH</p>	<p>2004</p>	<p>pada penelitian ini yaitu penanganan material secara manual di area surface treatment dimana memiliki potens risiko tinggi cedera lalu dilakukan perbaikan dengan tiga cara yaitu seleksi, pelatihan dan desain pekerjaan</p>