

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Ergonomi**

##### **2.1.1 Definisi**

Ergonomi adalah ilmu yang berfokus pada pemahaman interaksi antara manusia dan komponen sistem lain serta penerapan teori, prinsip, data, dan metode untuk merancang sistem yang meningkatkan kenyamanan dan efisiensi manusia, (Dul & Weerdmeester, 2008).

Ergonomi adalah disiplin yang mengkaji interaksi manusia dengan elemen-elemen sistem lain dan berfokus pada optimalisasi kinerja sistem secara keseluruhan dengan mempertimbangkan kenyamanan dan kesehatan manusia, (Wilson & Corlett, 1991).

Ergonomi adalah disiplin ilmu yang berfokus pada pengoptimalan interaksi antara manusia dan sistem kerja, dengan tujuan utama untuk meningkatkan kinerja dan kesejahteraan melalui desain yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan manusia, (Shikdar & Sawaqed, 2017).

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari bagaimana mendesain alat, sistem, dan lingkungan kerja agar sesuai dengan kapabilitas dan batasan manusia, dengan tujuan mengurangi risiko cedera dan meningkatkan efisiensi dan kenyamanan, (Wilson, 2018).

Ergonomi adalah penerapan prinsip-prinsip ilmiah untuk memahami interaksi antara manusia dan elemen-elemen lain dari suatu sistem, serta profesi yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk merancang guna mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja keseluruhan sistem, (Carayon & Smith, 2015).

Ergonomi adalah bidang yang bertujuan untuk memahami interaksi manusia dengan sistem serta mengaplikasikan pengetahuan ini untuk mendesain pekerjaan dan lingkungan kerja yang meningkatkan efisiensi dan kesejahteraan, (Dul & Neumann, 2009).

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari bagaimana merancang alat dan sistem kerja yang sesuai dengan karakteristik fisik dan kognitif manusia, dengan tujuan mengurangi stres dan meningkatkan kinerja, (Bridger, 2008).

Ergonomi adalah pendekatan multidisiplin yang menggabungkan aspek-aspek dari berbagai bidang ilmu untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan efisien bagi manusia, (Helander, 2005).

Menurut dari *International Ergonomics Association* dalam tulisannya yang berjudul *What Is Ergonomics: Definition and Applications*, ergonomi dibagi ke dalam 3 jenis yaitu:

1. Ergonomi fisik, untuk lebih spesifik jenis ergonomi berkaitan bersama reaksi tubuh manusia pada beban fisik dan mental;
2. Ergonomi kognitif, khususnya jenis ergonomi yang mencakup siklus mental, misalnya kebijaksanaan, pertimbangan, persepsi, kendali motorik, serta ingatan memengaruhi kerja sama antar manusia dan komponen sistem kerja;
3. Ergonomi organisasi, adalah semacam ergonomi yang memiliki hubungan bersama peningkatan persisteman sosioteknik, terdiri dari struktur organisasi, kebijakan, dan proses.

### 2.1.2 Tujuan

Berikut beberapa tujuan ergonomi menurut ahli sebagai berikut.

#### 1. Meningkatkan Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Ergonomi bertujuan untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan pekerja dengan merancang tempat kerja yang sesuai dengan kebutuhan fisik dan mental manusia, mengurangi risiko cedera dan penyakit akibat kerja, (Dul & Neumann, 2009).

#### 2. Meningkatkan Produktivitas

Ergonomi adalah meningkatkan produktivitas dengan mengoptimalkan desain alat dan lingkungan kerja sehingga pekerja dapat bekerja dengan efisiensi dan kenyamanan maksimal, (Wilson, 2014).

#### 3. Meningkatkan Kualitas Hidup Kerja

Ergonomi berupaya meningkatkan kualitas hidup kerja dengan menciptakan kondisi kerja yang lebih nyaman, aman, dan sehat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kesejahteraan dan kepuasan pekerja, (Carayon & Smith, 2015).

#### 4. Mengurangi Biaya Operasional

Dengan mengurangi insiden cedera dan meningkatkan efisiensi kerja, ergonomi membantu perusahaan dalam mengurangi biaya operasional yang terkait dengan perawatan kesehatan, absensi, dan turnover karyawan, (Robertson & O'Neill, 2016).

#### 5. Mematuhi Regulasi dan Standar Kesehatan dan Keselamatan

Ergonomi membantu organisasi untuk mematuhi regulasi dan standar kesehatan dan keselamatan kerja yang berlaku, yang dapat

menghindarkan perusahaan dari sanksi dan meningkatkan citra perusahaan, (Dul & Weerdmeester, 2008).

#### 6. Meningkatkan Kepuasan Pelanggan

Ergonomi tidak hanya berfokus pada pekerja, tetapi juga pada pengguna akhir produk. Dengan merancang produk yang ergonomis, kepuasan pelanggan dapat ditingkatkan, karena produk menjadi lebih nyaman dan mudah digunakan, (Helander, 2005).

#### 7. Memfasilitasi Inovasi dan Desain Produk

Ergonomi berperan dalam mendorong inovasi dengan memberikan wawasan tentang kebutuhan dan keterbatasan manusia, sehingga produk dan proses baru dapat dirancang dengan lebih baik, (Norman, 2013).

## 2.2 Antropometri

### 2.2.1 Definisi Antropometri

Kata antropometri berasal dari kata “anthro” artinya manusia serta “metri” diartikan ukuran. Antropometri disintesis bisa dikatakan menjadi sebuah tinjauan berhubungan bersa,a memperkirakan unsur-unsur tubuhnya manusia. Manusia mempunyai bentuk, ukuran (ketinggian, lebar, dan lain sebagainya), berat, dan lain-lain yang berbeda-beda. Antropometri akan banyak dimanfaatkan sebagai pertimbangan ergonomis yang membutuhkan kerjasama manusia., (Wingjosoebroto, 2003).

Antropometri ialah perkiraan aspek tubuh atau kualitas tubuh lainnya yang dapat diterapkan pada desain sesuatu yang dikenakan seseorang (Sanders, 1987).

Antropometri adalah cabang ilmu yang mempelajari ukuran, bentuk, dan proporsi tubuh manusia untuk diaplikasikan dalam desain produk, ruang kerja, dan sistem yang sesuai dengan variasi fisik populasi pengguna, (Pheasant & Haslegrave, 2018).

Antropometri adalah ilmu yang mengukur dimensi fisik tubuh manusia untuk menyediakan data yang mendukung desain produk dan lingkungan kerja yang ergonomis serta memastikan kenyamanan, efisiensi, dan keselamatan pengguna, (Bridger Robert, 2017).

Antropometri adalah studi tentang pengukuran tubuh manusia, termasuk dimensi statis dan dinamis, yang digunakan untuk menginformasikan desain alat, ruang kerja, dan lingkungan untuk meningkatkan kesesuaian dan kinerja pengguna, (Dempsey et al., 2017).

Antropometri adalah disiplin yang berfokus pada pengukuran tubuh manusia untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam perancangan yang mempertimbangkan variasi ukuran tubuh individu, dengan tujuan meningkatkan kenyamanan dan keselamatan, (Nordin Margareta & Frankel Victor H., 2020).

Antropometri adalah studi ilmiah tentang pengukuran dimensi fisik manusia, termasuk tinggi, berat badan, panjang tubuh, lingkar tubuh, dan proporsi tubuh lainnya. Ini mencakup pengumpulan data tentang variasi dimensi tubuh manusia dan analisisnya untuk berbagai aplikasi, termasuk desain produk, ergonomi, dan penelitian kesehatan, (Liang, 2018).

### 2.2.2 Data Antropometri

Data antropometri harus digunakan untuk menyesuaikan desain produk, alat, dan ruang kerja dengan dimensi tubuh manusia yang bervariasi. Dengan mempertimbangkan perbedaan ukuran tubuh dalam populasi, desainer dapat menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan aman bagi pengguna, (Pheasant & Haslegrave, 2018).

Penggunaan data antropometri merupakan representatif dari populasi target yang spesifik. Dengan memahami karakteristik fisik dari kelompok pengguna tertentu, desain dapat lebih akurat dan efektif dalam memenuhi kebutuhan pengguna tersebut, (Bridger, 2008).

Pentingnya memperhitungkan variabilitas ukuran dan bentuk tubuh manusia dalam pengumpulan data antropometri. Desain yang mempertimbangkan variabilitas ini akan lebih inklusif dan dapat mengakomodasi lebih banyak pengguna, (Dempsey et al., 2017).

Dalam kesesuaian fungsional data antropometri harus digunakan untuk memastikan kesesuaian fungsional antara pengguna dan lingkungan kerja atau produk. Desain yang baik akan memperhitungkan hubungan antara ukuran tubuh dan tugas yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko cedera, (Nordin Margareta & Frankel Victor H., 2020).

Data antropometri dimanfaatkan menjadi pedoman didalam rancangan sebuah sistem kerja umumnya digolongkan menjadi 2 tipe, meliputi:

1. Data struktural, khususnya ukuran tubuh dalam posisi subjek statis. Pengukuran diperoleh 1 poin jelas satu sama lain, misalnya memperkirakan jarak tubuh dari lantai sampai kepala, pengukuran

jarak mulai lutut ke lantai, dan seterusnya. Data ini adalah “*static anthropometry*”.

2. Data fungsional, menjadi data antropometri digabungkan guna memahami perkembangan tubuh dari titik sudah ditentukan sebelumnya. Data jangkauan tangan terjauh kedepan dari posisi berdiri yang diperkirakan ialah gambaran informasi antropometri fungsional. Data ini yaitu “*dynamic anthropometry*”.

### **2.3 Motion Time Measurement**

#### **2.3.1 Definisi**

*Motion time measurement* adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis dan menentukan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas-tugas kerja melalui pengamatan dan pengukuran gerakan standar. Teknik ini membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan mengidentifikasi waktu terbaik untuk setiap elemen kerja, (Niebel & Freivalds, 2015).

*Motion time measurement* adalah metode yang melibatkan pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk gerakan-gerakan tertentu dalam sebuah proses kerja, menggunakan sistem gerakan standar seperti MTM (Methods-Time Measurement) untuk meningkatkan kinerja dan meminimalkan pemborosan waktu, (Heizer Jay et al., 2017).

*Motion time measurement* adalah teknik analisis kerja yang menggunakan pengukuran waktu standar untuk gerakan manual dalam aktivitas kerja, bertujuan untuk memperkirakan dan meningkatkan efisiensi operasional, (Groover, 2020).

*Motion study* mencakup berbagai macam prosedur untuk mendeskripsikan, menganalisis secara sistematis, dan melakukan perbaikan terhadap cara kerja. *Motion study* mempertimbangkan beberapa hal, yaitu bahan baku, bentuk desain output (barang atau jasa), proses kerja, alat-alat beserta dengan tempat kerja dan peralatan yang digunakan dalam setiap langkah dalam proses, dan yang terakhir adalah aktivitas dari manusia yang melakukan setiap langkah dalam proses.

*Time study* mencakup berbagai macam prosedur untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dalam melakukan kerja yang melibatkan manusia, mesin, maupun kombinasi keduanya. Pengukuran waktu ini dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan alat stopwatch (Danner, 1994).

*Motion time measurement* adalah metode yang menggunakan standar waktu untuk mengukur efisiensi gerakan dalam proses kerja, dengan tujuan mengoptimalkan produktivitas melalui analisis dan perbaikan gerakan yang digunakan dalam berbagai tugas, (Wild, 2017).

### **2.3.2 Pengukuran Langsung**

Pengukuran langsung *time motion measurement* adalah metode untuk menentukan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas atau serangkaian tugas melalui observasi langsung. Proses ini melibatkan pengamatan gerakan pekerja dan pencatatan waktu untuk setiap elemen kerja menggunakan alat ukur waktu, seperti stopwatch atau perangkat digital. Pengukuran tersebut memperhatikan pekerjaan yang berkerja serta mencatatkan waktu kerja disetiap komponen bersama memakai peralatan yang sudah diatur yaitu berupa jam henti atau stop watch. Pengamat



menjalankan pengukuran secara langsung ditempat berlangsungnya pekerjaan. Setelah pengamat mengukur waktu kerja, data yang didapatkan di lakukan uji kecukupan data dan keseragaman data.

Pengukuran langsung *time motion measurement* melibatkan observasi dan pencatatan waktu secara langsung untuk setiap elemen kerja dalam tugas tertentu. Proses ini bertujuan untuk menentukan waktu standar dan meningkatkan efisiensi kerja melalui analisis gerakan, (Heizer Jay et al., 2017).

Pengukuran langsung menggunakan alat seperti stopwatch untuk mencatat durasi setiap elemen kerja, dengan tujuan mengidentifikasi dan menghilangkan gerakan yang tidak efisien serta menetapkan waktu standar untuk tugas-tugas, (Niebel & Freivalds, 2015).

Tujuan dari pengukuran langsung dalam *Motion time measurement* adalah untuk mengoptimalkan kinerja dengan mengukur waktu yang dihabiskan untuk setiap gerakan yang diperlukan dalam proses kerja, sehingga memungkinkan pengembangan prosedur yang lebih efisien dan pengurangan waktu yang tidak produktif, (Zandin, 2017).

Adapun proses pengukuran langsung dalam melibatkan observasi langsung dan pencatatan waktu untuk setiap gerakan yang dilakukan dalam suatu tugas. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk menentukan waktu standar dan mengidentifikasi area yang dapat diperbaiki untuk meningkatkan produktivitas, (Groover, 2020).

### 2.3.3 Studi Gerakan

Studi gerakan dalam *Time Motion Measurement* adalah teknik analisis yang mengamati dan mencatat gerakan pekerja selama melakukan tugas tertentu untuk mengidentifikasi dan menghilangkan gerakan yang tidak efisien atau tidak perlu. Tujuan utamanya adalah meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja, (Barnes, 2018).

Gagasan penerapan dari Therblig terlihat dari konsultan "*Methods Engineering*" dari Jepang: *Mr. Shiego Singo*. Ia mengklarifikasikan Therblig yang sudah di buat Gilbert 4 kelompok adalah:

Tabel 2.1 Studi Gerakan

Kelompok	Elemen Gerakan	Keterangan
Utama	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Assembly (A)</i></li> <li>- <i>Use (U)</i></li> <li>- <i>Disassemble (DA)</i></li> </ul>	Aktivitas gerakan pada kelompok ini menawarkan nilai tambahan. Peningkatan kerja pada kelompok utama harus dimungkinkan dengan menjadikan peningkatan yang lebih produktif.
Penunjang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Reach (RE)</i></li> <li>- <i>Grasp (G)</i></li> <li>- <i>Move (M)</i></li> <li>- <i>Release Load (RL)</i></li> </ul>	Aktivitas gerakan dalam kelompok penunjang penting, namun tidak menambah nilai tambah. Peningkatan untuk kelompok ini harus dimungkinkan dengan membatasi elemen gerakan.
Pembantu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Search (SH)</i></li> <li>- <i>Select (ST)</i></li> <li>- <i>Position (P)</i></li> <li>- <i>Hold (H)</i></li> <li>- <i>Inspection (I)</i></li> <li>- <i>Preposition (PP)</i></li> </ul>	Aktivitas gerakan di kelompok pembantu ini tidaklah memberi manfaat tambahan serta kemungkinan bisa hilang. Peningkatan dalam elemen Gerakan kelompok pembantu bisa dilaksanakan bersama rencana kerja yang baik ataupun dengan peralatan pendukung.

Proses studi gerakan dalam *Motion time measurement* melibatkan pengamatan sistematis dan pencatatan gerakan yang dilakukan pekerja. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk menentukan gerakan mana yang dapat dihilangkan, disederhanakan, atau digabungkan untuk meningkatkan efisiensi kerja, (Groover, 2020).

Studi gerakan dalam *Motion time measurement* digunakan di berbagai industri untuk analisis pekerjaan manual dan otomatis. Ini membantu dalam merancang prosedur kerja yang lebih efisien dan ergonomis, yang pada akhirnya meningkatkan output dan mengurangi cedera kerja.

## **2.4 Virtual Environment**

### **2.4.1 Definisi**

*Virtual environment* adalah gambaran sistem nyata yang diperoleh oleh PC kemungkinan pengguna terhubung bersama tempat sintesis mempunyai kesamaan bersama tempat sebenarnya. Simulasi di dalam tempat virtual perlu mempunyai kemampuan untuk menampilkan kembali bagaimana model manusia berada di area lain, berkolaborasi dengan objek dan lingkungan, juga memperoleh kritik yang benar dari objek dikendalikan.

*Virtual environment* bisa dicirikan menjadi simulasi 3 dimensi, yakni *multisensor*, *realtime*, dan interaktif, bisa diciptakan user lewat informasi 3 dimensi atau perangkat keras hasil. Pengertian lainnya mengungkapkan bahwa *Virtual environment* adalah gambaran ruang PC 3 dimensi, dimana pengguna dapat menggerakkan perspektif tanpa batasan.

*Virtual environment* adalah simulasi digital dari ruang yang dapat diakses dan dijelajahi oleh pengguna, memungkinkan mereka untuk

merasakan kehadiran dan keterlibatan dalam dunia buatan yang ditampilkan melalui teknologi realitas virtual, (Slater M & Sanchez-Vives, 2016).

*Virtual environment* adalah ruang buatan yang diciptakan oleh teknologi komputer, di mana pengguna dapat berinteraksi dengan elemen-elemen digital melalui antarmuka yang dirancang untuk mensimulasikan pengalaman nyata atau imajinatif, (Sherman William R. & Craig Alan B., 2018).

*Virtual environment* adalah domain digital yang dirancang untuk memberikan pengalaman yang imersif dan interaktif, memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan elemen-elemen virtual dalam ruang yang menyerupai atau berbeda dari dunia nyata, (Lanier Jaron, 2017).

#### **2.4.2 Manfaat**

Adapun manfaat dari *virtual environment* sebagai berikut.

1. Memudahkan pengawasan yang tadinya tidak terpadu menjadi terpusat. Selain itu, jika ada kesalahan maka sumbernya akan lebih cepat diketahui dan lalu dituntaskan.
2. Menghemat biaya untuk memperoleh perangkat baru untuk tugas-tugas karena ada alasan kuat untuk membeli atau menambah peralatan baru.
3. Mengoptimalkan proses kerja dengan memastikan interaksi manusia dengan sistem dan peralatan dilakukan secara efisien dan tanpa hambatan.

4. Meningkatkan keselamatan kerja dengan menganalisis dan mengurangi risiko yang terkait dengan gerakan dan postur yang berpotensi berbahaya.
5. Mengurangi waktu dan biaya pengembangan produk dengan mengidentifikasi dan mengatasi masalah ergonomi dan keamanan pada tahap desain.

Beberapa pendapat ahli mengenai manfaat dari *virtual environment* adalah sebagai berikut.

1. *Virtual environment* meningkatkan kolaborasi jarak jauh yang lebih efektif dengan menyediakan ruang kerja bersama yang imersif, di mana tim yang tersebar geografis dapat bekerja sama seolah-olah berada di lokasi yang sama, (Slater M & Sanchez-Vives, 2016).
2. Penggunaan *Virtual environment* untuk membuat prototipe dan menguji produk sebelum diproduksi secara fisik. Ini memungkinkan identifikasi dan perbaikan masalah pada tahap awal, menghemat waktu dan biaya dalam proses pengembangan produk, (Lanier Jaron, 2017).

### **2.5 Software Jack**

*Siemens Technomatix Jack* atau *Software Jack* adalah perangkat lunak canggih yang digunakan untuk simulasi manusia digital dalam lingkungan virtual. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk memodelkan, mensimulasikan, menganalisis, dan mengoptimalkan interaksi antara manusia dan sistem dalam berbagai konteks industri. Dengan menggunakan representasi manusia digital, Jack membantu dalam perancangan ergonomis, evaluasi kinerja manusia, dan analisis keamanan kerja,

memungkinkan perbaikan pada desain produk, proses manufaktur, dan lingkungan kerja sebelum implementasi fisik.

Pembuatan tempat virtual memerlukan penggunaan pemrograman serta perangkat keras hingga lingkungan virtual memiliki ketergantungan di perluasan teknologi informasi. Sistem ini adalah yang bisa dipakai untuk membangun keadaan lingkungan secara virtual.

Adapun fitur utama dari software ini antara lain:

1. Pembuatan *Virtual Human*

Menyediakan berbagai model manusia digital yang dapat disesuaikan dengan parameter antropometri pengguna.

2. Simulasi Gerakan

Memungkinkan simulasi gerakan manusia dalam lingkungan kerja untuk analisis postur, gerakan, dan tugas.

3. Analisis Ergonomis

Alat untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan desain dari perspektif ergonomi, termasuk analisis risiko cedera dan kelelahan.

4. Integrasi CAD

Dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak CAD untuk memungkinkan analisis manusia dalam konteks desain produk.

5. Pelaporan dan Visualisasi

Fasilitas untuk membuat laporan dan visualisasi yang mendetail dari analisis yang dilakukan, membantu dalam pengambilan keputusan desain.

Hal yang bisa dikerjakan *software Jack* didalam penggunaannya menjadi peralatan simulasi virtual environment diantaranya:

1. Impor gambar desain berbantuan komputer hingga klien bisa merencanakan kondisi virtual sesuai format dan bagian area yang ideal.
2. Membuat model laki-laki dan perempuan tingkat lanjut dengan estimasi antropometri yang berbeda.
3. Menempatkan orang-orang yang terkomputerisasi dan membuat posisi tubuh yang sebagaimana latihan dan tempat kerja yang disertakan.
4. Menilai apa yang bisa diketahui manusia berdasarkan sudut pandangnya dengan menggunakan feature view cone tampilan komponen.
5. Menilai kapasitas kedatangan dan peningkatan terbesar dari orang-orang yang digital.
6. Membedah dampak tindakan kerja terhadap bagiannya tubuh manusia digital.

Dalam menjalankan simulasi disoftware Jack, ada tahapan perlu dilaksanakan, yakni:

1. Membuat *virtual environment*, yang mana membuat virtual environment dilaksanakan bersama mengirim objek sudah dirancang software CAD kedalam software Jack serta dilakukan pengaturan tempat yang sama bersama keadaan aktual.

2. Membuat *virtual human*, yakni bersama melakukan pemanfaatan fasilitas *Advanced Human Scaling* disoftware Jack hingga bisa diciptakan virtual human dengan ukuran antropometri diharapkan.
3. Memposisikan *virtual human* pada *virtual environment*, yang mana virtual ini diinput kedalam *virtual environment* serta ditempatkan di *virtual environment* yang sama dalam keadaan aktual.
4. Memberikan pekerjaan di *virtual human*, dimana dilaksanakan dengan memberi animasi yang membuktikan mekanisme gerak sebuah operasional kerja.
5. Melakukan penganalisisan hasilnya simulasi dengan TAT di *software Jack*.

Adapun Jack TAT adalah peralatan pemeriksaan ergonomis yang membantu klien dalam merencanakan ruang kerja dan mengerjakan pelaksanaan tugas kerja dengan lebih baik. Jack TAT ini memiliki kemampuan dasar untuk menilai resiko cedera yang mungkin dialami berdasarkan penilaian sikap, menggunakan otot, bebannya yang diterima, lama kerja, dan frekuensi. Terdapat 9 fitur penganalisis di Jack TAT bisa dimanfaatkan guna menganalisis pekerjaan yakni.

1. *Fatigue and Recovery Analysis*; dimanfaatkan guna mengukur waktu pemulihan diberi agar pekerja tidak lelah.
2. *Low Back Compression Analysis (LBA)*; dipergunakan dalam menilai beban di tulang belakang didalam kualitasnya postur serta keadaan beban.



3. *Manual Material Handling Limits*; dimanfaatkan guna menilai serta mengatur latihan pekerjaan berhubungan bersama materi siklus perawatan hingga tingkatan bahaya cedera bisa diminimalisir.
4. *Metabolic Energy Expenditure*; dimanfaatkan guna memperkirakan energi yang diperl pekerja dalam menyelesaikan pekerjaan bersama mempertimbangkan kualitas pekerja serta rancangan aktivitas yang dituntaskan.
5. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Lifting Analysis*; dimanfaatkan guna meniali kinerja mengangkat barang bersama mengacui pada standar NIOSH.
6. *Ovako Working Posture Analysis (OWAS)*; dimanfaatkan guna pengujian taraf nyaman suatu operasi kerja. *Predetermined Time Analysis*; dipergunakan guna memperkirakan waktu diperoleh individu sat proses ketika bekerja berlandaskan MTM.
7. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*; dimanfaatkan guna menilai bahaya yang mengakibatkan terganggunya ditubuh atas
8. *Static Strength Prediction (SSP)*; dimanfaatkan guna menilai tingkat populasi pekerja yang mempunyai solidaritas untuk menyelesaikan suatu pekerjaan ditinjau dari gerak tubuh, ukuran tenaga yang dibutuhkan dan antropometri.

## 2.6 Posture Evaluation Index (PEI)

*Posture Evaluation Index* (PEI) adalah sebuah metode atau alat yang digunakan untuk menilai dan mengukur tingkat risiko atau stres yang dialami tubuh manusia berdasarkan postur tubuh selama melakukan aktivitas tertentu. PEI membantu dalam mengidentifikasi dan mengkuantifikasi postur kerja yang berpotensi menimbulkan masalah kesehatan atau cedera, terutama dalam konteks ergonomi dan analisis kerja, (Marras & Karwowski, 2006).

Menurut Marras, W. S., & Karwowski, W. (2006) dalam buku mereka *The Occupational Ergonomics Handbook* terdapat karakteristik utama pada *Posture Evaluation Index* (PEI) adalah sebagai berikut.

1. Evaluasi Postur Keseluruhan

PEI menyediakan penilaian komprehensif dari postur tubuh secara keseluruhan, mencakup berbagai bagian tubuh seperti leher, punggung, lengan, dan kaki.

2. Skor Kuantitatif

PEI menghasilkan skor numerik yang memungkinkan perbandingan yang objektif antara berbagai postur atau kondisi kerja. Skor ini membantu dalam mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan.

3. Komponen Spesifik Postur

PEI mengevaluasi sudut dan posisi dari komponen spesifik tubuh seperti sudut fleksi leher, rotasi batang tubuh, dan posisi lengan dan kaki. Penilaian ini membantu dalam mengidentifikasi postur yang berisiko tinggi.

#### 4. Penilaian Risiko Cedera

PEI digunakan untuk menilai risiko cedera muskuloskeletal dengan mengidentifikasi postur yang dapat menyebabkan ketegangan otot dan ketidaknyamanan. Ini membantu dalam pencegahan cedera di tempat kerja.

#### 5. Penggunaan dalam Berbagai Industri

PEI dapat diterapkan di berbagai lingkungan kerja dan industri untuk mengevaluasi postur pekerja, dari kantor hingga pabrik, dan menyesuaikan dengan kebutuhan spesifik setiap industri.

#### 6. Pengintegrasian dengan Alat Ergonomi Lain

PEI sering digunakan bersama dengan alat dan metode evaluasi ergonomi lainnya untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang kondisi kerja dan potensi risiko kesehatan.

Dalam memperoleh taraf kenyamanan yang optimal, perkembangan *critical posture* harus dibatasi selama aktivitas kerja. *Critical posture* dalam setiap rangkaian tugas kerja adalah tindakan pekerjaan yang memiliki terjadinya *Work-related Musculoskeletal Disorders*. Seringkali *critical posture* sulit dalam dikenali secara pasti. Untuk mengatasi hal tersebut, diciptakanlah sebuah *tool* bernama PEI. PEI ialah *tool* untuk mengevaluasi sifat postur tunggal bersama bergantung pada TAT dalam *software Jack*. Untuk memanfaatkan strategi PEI, dapat dengan mengandalkan TAT yang dapat diketahui sehingga jurus dasar juga bisa diketahui.

Terdapat 7 langkah yang perlu dilewati dalam hitungan skor PEI yakni:

1. Analisis lingkungan kerja

Fase ini adalah fase memilah keadaan tempat serta memberikan timbangan perkembangan pekerjaan operator. Didalam simulasi permodelan virtual, penting untuk menciptakan kembali aktivitas kerja dengan pilihan pembangunan yang berbeda untuk memastikan ketercapaian tugas yang dijalankan oleh operator. Batasan lain yang bisa disesuaikan ialah jarak dimensi terhadap objek kerja yang mempengaruhi posisi fungsi human virtual.

2. Analisis jangkauan dan aksesibilitas

Rancangan lingkungan pekerjaan membutuhkan pembelajaran awal terkait keterbukaan titik kritis. Permasalahan yang muncul ialah apakah seluruh gerakan yang telah direncanakan layak untuk diingat untuk suatu kegiatan dan apakah seluruh fokus dasar dapat dijangkau oleh pekerja. Oleh karena itu, penting untuk menjamin bahwa tanda dasar jangkauan barang kerja dapat dicapai oleh pengelola. Penyusunan format tata letak kerja yang melampaui kapasitas kerja dan sampai pada tahap ini tidak akan diteruskan ke tahap berikutnya. Apabila pemeriksaan tempat kerja, serta kecukupan dan ketersediaan pengaturan sudah membuktikan kondisi yang sesuai dengan keadaan dan hambatan manusia, maka periode tahap PEI baru berikutnya bisa diteruskan.

3. *Analisis Static Strength Prediction (SSP)*

SSP ialah instrumen dalam mengantisipasi tingkat populasi operator kerja yang dapat menyelesaikan serangkaian latihan yang dilakukan

kembali. Kegiatan kerja yang mempunyai nilai SSP < 90% tidak dirinci selanjutnya.

4. *Analisis Lower Back Analysis (LBA)*

Alat yang dimanfaatkan guna menilai kekuatan dan ketegangan yang terjadi di tulang belakang manusia sehubungan dengan sikap yang dipaksakan disaat melaksanakan sebuah operasi kerja. Angka regangan berikutnya lalu dibandingkan dan sejauh mungkin dalam standar NIOSH, yakni sebesar 3.400 N.

5. *Analisis Ovako Working Posture (OWAS)*

OWAS adalah teknik dasar untuk menentukan tingkat kenyamanan sebuah tindakan kerja dan untuk memberi data terkait tingkat pentingnya kegiatan dalam perbaikan. Derajat penilaian ini bergantung pada postur tubuh dan persepsi suksepsi kerja operator yang disimulasikan. Nilai OWAS berikutnya kemudian dikontraskan dan nilai hiburan terbesar dalam OWAS yakni 4. Berikut nilai kategori OWAS sebagai berikut pada tabel

Tabel 2.2 Kategori OWAS

Nilai Kategori	Aksi Kategori
1	Tidak perlu dilakukan perbaikan
2	Perlu ddilakukan perbaikan
3	Perbaikan perlu dilakukan segera mungkin
4	Perbaikan sekarang juga

6. *Analisis Rapid Upper Limb Assesment (RULA)*

RULA ialah alat untuk menilai pose tubuh atas dan membedakan resiko cedera atau masalah pada tubuh bagian atas. Nilai RULA lalu dibanding dengan rekor RULA terberat yakni 7. Kategori tindakan RULA adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kategori RULA

Kategori Tindakan	Level Resiko	Tindakan
1 – 2	Minimum	Aman
3 – 4	Kecil	Diperlukan beberapa waktu kedepan
5 - 6	Sedang	Tindakan dalam waktu dekat
7	Tinggi	Tindakan sekarang juga

#### 7. Perhitungan nilai PEI

PEI mengintegrasikan angka SSP, LBA, OWAS, dan RULA diperoleh software Jack. PEI mengntegrasikan dari tiga skor dengan menambahkan 3 variabel dimensi I1, I2, dan I3, bersama penjelasan dibawah ini:

- Variabel ialah perbandingan diantara perskoran LBA bersama batasan keamanan kuatan kompresi yang bisa diterima manusia, yakni sebanyak 3.400 N. Skor V1 bisa diperhitungkan memakai formula (2.2). Adapun sebelumnya diteruskan keperhitungan selanjutnya , bisa diketahui bahwasannya skor V1 harus  $< 1$ .  $V1 > 1$  membuktikan aktivitas pekerjaan didalam simulasi tidak valid.

$$V1 = \frac{LBA}{3400N} \dots\dots\dots(2.2)$$

- Variabel V2 ialah membandingkan skor OWAS dan skor maksimum, yakni 4. Angka V2 bisa diketahui memakai formula (2.3).

$$V2 = \frac{OWAS}{4} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Variabel V3 ialah perbandingan skor RULA dan IBM tingkatan kenyamanan RULA, adalah 7. Skor V3 bisa diketahui memakai formula (2.4).

$$V2 = \frac{RULA}{7} \dots\dots\dots(2.4)$$

Interpretasi nilai tinggi dan rendah dari Posture Evaluation Index (PEI) akan bervariasi tergantung pada skala yang digunakan dan konteks spesifik dari evaluasi postur tersebut. Luaran dari nilai PEI berkisar antara 0,47 sampai dengan 3,42. Secara umum, gambaran interpretasi sebagai berikut.

Nilai Rendah PEI:

1. Nilai rendah PEI biasanya menunjukkan postur yang baik atau mendekati optimal. Ini bisa menandakan bahwa individu memiliki simetri tubuh yang baik, sudut-sudut sendi yang normal, dan distribusi beban tubuh yang seimbang.
2. Interpretasi nilai rendah PEI bisa dianggap sebagai indikasi bahwa individu memiliki postur yang sehat dan kurang rentan terhadap masalah kesehatan yang terkait dengan postur.

Nilai Tinggi PEI:

1. Nilai tinggi PEI mengindikasikan adanya ketidakseimbangan postur atau masalah postur yang perlu diperhatikan.
2. Interpretasi nilai tinggi PEI bisa menunjukkan kemungkinan adanya sudut-sudut sendi yang tidak optimal, ketegangan otot, asimetri tubuh, atau distribusi beban tubuh yang tidak seimbang.
3. Nilai tinggi PEI dapat menandakan adanya risiko cedera atau masalah kesehatan lain yang terkait dengan postur yang buruk.

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama dan Tahun Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1.	Usulan Perbaikan dan Perancangan Alat Pemotong Tahu Dengan Metode Motion Time Measurement dan Antropometri (Studi Kasus Pabrik Tahu Bintang Salma)	(Amri et al., 2020)	Motion Time Measur ement dan Antropo metri	Analisa perhitungan dalam perencanaan alat pemotong tahu baru dengan menggunakan MTM dan Antropometri melalui penyelesaian estimasi kerja tidak langsung pada siklus potong tahu dengan alat pemotong tahu lama dan baru dengan mengambil contoh aspek tubuh manusia untuk alat pemotong baru yang akan direncanakan.
2.	Analisis Stasiun Kerja Pemotongan Tahu dan Rancang Bangun Alat Potong Tahu Dengan Virtual Environment Pada Industri Kecil Tahu	(ATOILLA H, 2019)	Postur Evaluat ion Index (PEI)	Memperoleh ide perancangan konsep stasiun kerja dengan perangkat sebagai model prototype digital yang sesuai sudut pandang ergonomis.
3.	Perancangan Alat Pemotong Tahu Untuk Mengurangi Gerak Dengan Metode Motion Time Measurement (MTM) – Motion Time Study (Studi Kasus Pabrik Tahu Pak Joko)	(Siboro Benedikta Anna Haulian et al., 2017)	Motion Time Measur ement (MTM-1) dan Anthrop ometri	Dilakukan pengukuran antropometri kepada operator pemotongan tahu yang dapat digunakan untuk merancang alat bantu. Dan melakukan perbandingan rata rata MTM tangan kanan-kiri pada alat pemotong desain lama dan desain baru.