



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM) UNIVERSITAS BOJONEGORO

Sekretariat Panitia : Kantor Pusat UNIGORO, Jl. Lettu Suyitno No. 2 Telp (0353) 881984 – 885444 BOJONEGORO

SURAT PERJANJIAN KONTRAK PENELITIAN NOMOR : 040 / LPPM-LIT / UB / X / 2023

Pada Hari Ini Jum'at Tanggal Lima Belas Bulan Oktober Tahun Dua Ribu Dua Puluh Dua, yang bertanda tangan dibawah ini :

1. **LAILY AGUSTINA RAHMAWATI, S.Si., M.Sc.** selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bojonegoro, selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. **EKO WAHYU ABRYANDOKO., S.Pd., M.T..** selaku Dosen Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro selaku Peneliti, selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Kedua belah pihak menyatakan bersepakat untuk membuat perjanjian kontrak penelitian sebagai berikut :

Pasal 1 **Judul Penelitian**

PIHAK PERTAMA dalam jabatannya tersebut di atas, memberikan tugas kepada PIHAK KEDUA untuk melaksanakan penelitian yang berjudul:

"MODELING VIRTUAL ENVIRONMENTS AND SIMULATION DESAIN ALAT BANTU FASILITAS KERJA PENGELASAN"

Pasal 2 **Waktu dan Biaya Penelitian**

- (1) Waktu penelitian adalah 5 bulan, dari **9 Oktober 2023 sampai dengan 7 Maret 2024**.
- (2) Biaya pelaksanaan penelitian ini dibebankan pada Anggaran Universitas Bojonegoro Tahun 2023/2024 dengan **nilai kontrak sebesar Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)**

Pasal 3 **Cara Pembayaran**

Pembayaran biaya penelitian diberikan sesuai dengan aturan dan tata cara yang telah ditetapkan dalam Pedoman Penelitian Universitas Bojonegoro, yaitu:

- (1) Tahap I sebesar 60% dari nilai kontrak yang diterimakan paling cepat dua minggu setelah surat perjanjian kontrak penelitian ini ditandatangani oleh kedua pihak melalui

Bendahara Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bojonegoro dengan bukti pencairan Tahap I berupa Proposal yang telah disetujui oleh LPPM dan Surat Keputusan Penerima Hibah Internal.

- (2) Tahap II sebesar 40% dari nilai kontrak yang diterimakan setelah PIHAK KEDUA menyelesaikan seluruh kewajiban pekerjaan penelitian yang dibuktikan dengan dokumen laporan penelitian dan bukti submit jurnal minimal **terakreditasi Sinta**.

Pasal 4

Keaslian Penelitian dan bebas dari ikatan dengan Pihak Lain

- (1) PIHAK KEDUA bertanggungjawab atas keaslian judul penelitian sebagaimana disebutkan dalam pasal 1 Surat Perjanjian Kontrak Penelitian ini (bukan duplikat/jiplakan/plagiat) dari penelitian orang lain.
- (2) PIHAK KEDUA menjamin bahwa judul penelitian tersebut bebas dari ikatan dengan pihak lain atau tidak sedang didanai oleh pihak lain.
- (3) Apabila di kemudian hari diketahui ketidakbenaran pernyataan ini, maka kontrak penelitian dinyatakan batal, dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana yang telah diterima.

Pasal 5

Monitoring Penelitian

- (1) PIHAK PERTAMA berhak untuk:
 - a. Melakukan pengawasan administrasi, monitoring, dan evaluasi terhadap pelaksanaan penelitian
 - b. Memberikan sanksi jika dalam pelaksanaan penelitian terjadi pelanggaran terhadap isi perjanjian oleh peneliti
 - c. Bentuk sanksi disesuaikan dengan tingkat pelanggaran yang dilakukan
- (2) Pemantauan kemajuan penelitian dilakukan oleh PIHAK PERTAMA.

Pasal 6

Laporan Kemajuan dan Laporan Akhir Penelitian

- (1) PIHAK KEDUA wajib menyerahkan Laporan Kemajuan kepada PIHAK PERTAMA **paling lambat tanggal 8 Januari 2024 atau tiga bulan setelah tanggal penandatanganan kontrak**.
- (2) Setelah Laporan Kemajuan disetujui oleh LPPM, PIHAK KEDUA wajib menyerahkan **Laporan Akhir dan bukti submit Jurnal minimal terakreditasi sinta paling lambat 7 Maret 2024**.

(3) Berkas-berkas Laporan Akhir meliputi:

- a. Laporan lengkap penelitian sebanyak 3 (tiga) eksemplar dengan cover merah muda.
- b. Salinan tautan jurnal, atau tangkapan gambar layar proses submit jurnal dan diletakkan di halaman paling belakang laporan.

(4) Format laporan hasil penelitian sesuai dengan aturan-aturan yang telah ditetapkan pada surat Nomor: 007/LPPM/UB/III/2023 yang beralamatkan <https://www.unigoro.ac.id/lppm-lit-pkm/>.

Pasal 7 Sanksi

Segala kelalaian baik disengaja maupun tidak, sehingga menyebabkan keterlambatan menyerahkan laporan hasil akhir penelitian dengan batas waktu dalam pasal 2 yang telah ditentukan akan mendapatkan sanksi sebagai berikut.

- (1) Apabila PIHAK KEDUA menyerahkan Laporan Kemajuan tetapi tidak menyerahkan Laporan Akhir dan bukti submit jurnal maka PIHAK KEDUA wajib mengembalikan 60% dana penelitian yang telah diterima.
- (2) Apabila PIHAK KEDUA tidak menyerahkan Laporan Kemajuan dan tidak menyerahkan Laporan Akhir serta bukti submit jurnal maka PIHAK KEDUA akan diberikan sanksi denda sebesar nilai kontrak sebagaimana tercantum pada Pasal 2 Ayat 2.

Pasal 8 Penutup

Perjanjian ini berlaku sejak ditandatangani dan disetujui oleh PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA.

PIHAK PERTAMA
Ketua LPPM Unigoro



LAILY AGUSTINA R. S.Si., M.Sc.
NIDN. 07 210886 01

PIHAK KEDUA
Peneliti

Eko Wahyu Abryandoko., M.T.
NIDN. 07 101191 02

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Progam Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknik



***MODELING VIRTUAL ENVIRONMENTS AND SIMULATION* DESAIN ALAT
BANTU FASILITAS KERJA PENGELASAN**

Tim Peneliti:

Eko Wahyu Abryandoko.,S.Pd.,MT
Ardana Putri Farahdiansari.,ST., MT
Ahmad Ridho Ramadhani
Moh.Nurudduja

Dibiayai oleh:

Universitas Bojonegoro
Periode 1 Tahun Anggaran 2023/2024
Nomer kontrak: 040/LPPM-LIT/UB/X/2023

UNIVERSITAS BOJONEGORO

2024

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN MANDIRI

- 1. Judul Penelitian** : Modeling Virtual Environment and Simulation
Desain Alat Bantu Fasilitas Kerja Pengelasan
- 2. Tema** : Ergonomi, K3, dan Human Factors
- 3. Ketua Peneliti**
- a. Nama Peneliti : Eko Wahyu Abryandoko., S.Pd.,MT
 - b. NIDN : 0704118805
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail : Putri.faradian@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Analisa Pengukuran Kerja SDM
- 4. Anggota Peneliti 1**
- a. Nama (Dosen) : Ardana Putri Farahdiansari, S.T., M.T.
 - b. NIDN : 0719019501
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail : Faisal.gaxes@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Rekayasa Sistem Pengembangan Produk
- 5. Anggota Peneliti 2**
- a. Nama (Mahasiswa) : Ahmad Ridho Ramadhani
 - b. NIM : 20262011007
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail :
 - e. Bidang Keilmuan : Teknik Industri
- Anggota Peneliti 3**
- a. Nama (Mahasiswa) : Moh. Nurudduja
 - b. NIM : 20262011025
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail :
 - e. Bidang Keilmuan : Teknik Industri
- 6. Jangka Waktu Penelitian** : 6 Bulan
- 7. Lokasi Penelitian** : Kecamatan Bojonegoro Kabupaten Bojonegoro
- 8. Dana Diusulkan** : 5.000.000,-

Mengetahui,

Ketua LPPM Universitas Bojonegoro



Dr. Penny Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.
NIDN 07 2108 8601

Bojonegoro, 27 Februari 2024
Pengusul,

Eko Wahyu Abryandoko., S.Pd, M.T
NIDN. 07 1011 9102

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayahnya maka laporan penelitian yang berjudul: Analisa Pendekatan Modeling Virtual Environments and Simulation Desain Alat Bantu Fasilitas Kerja Pengelasan telah dapat diselesaikan.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumbangsih bagi Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Bojonegoro. Atas selesainya penulisan penelitian ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada: Yang terhormat Bapak Dekan Fakultas Sains dan Teknik yang telah memberikan ijin dan dukungan dalam penyelesaian proposal penelitian ini.

Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan proposal penelitian ini. Akhirnya, penulis akui hanya dengan kebesaran ALLAH SWT, penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini. Semoga ALLAH SWT berkenan memberikan balasan atas semua jasa, budi mulia serta amal perbuatan yang telah dicurahkan tersebut sebagai amalan sholeh fiddini wal akhirah, Amin.

Bojonegoro, 27 Februari 2024

Eko Wahyu Abryandoko

ABSTRAK

Perancangan konsep desain meja kerja pengelasan yang digunakan untuk proses pembelajaran harus mempertimbangkan resiko Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). Perancangan konsep desain meja kerja pengelasan dilakukan untuk meminimalisir resiko EFPs dengan jenis gerakan fleksi ke depan pada leher dan posisi lengan yang terangkat pada saat melakukan pengelasan dengan cara berdiri pada mahasiswa. Tujuan penelitian ini adalah merancang konsep desain meja kerja pengelasan yang ergonomis dengan penilaian menggunakan beberapa parameter yang disimulasikan menggunakan Digital Human Modeling. Metode yang digunakan untuk merancang konsep meja kerja pengelasan adalah metode pugh yang kemudian di simulasi dan di lakukan pengujian menggunakan software Catia V5 R21. Hasil penelitian didapatkan alternatif konsep desain I dengan spesifikasi produk yang menjadi parameter adalah Meja kerja pengelasan dapat disesuaikan secara langsung, Penjempit komponen pengelasan di buat secara permanen, Langkah penggunaan manual tanpa alat bantu set up, Kemiringan meja dapat disesuaikan sudut kemiringannya, dan ketinggian meja dapat disesuaikan menggunakan sistem ulir. Hasil Simulasi dan pengujian konsep desain meja pengelasan didapatkan nilai LBA, OWAS, CA, dan RULA dari model manusia adalah parameter ketinggian meja yang berbeda mempengaruhi gaya tulang punggung pada model operator pengelasan dan posisi pekerja dinilai lebih aman dan nyaman. konsep meja meja kerja pengelasan dapat diseuaikan lagi ketinggian meja dengan mempertimbangkan postur kerja pengelasan.

Kata kunci: *Pengelasan, Ergonimi, Virtual Environments. Postur Evaluation Index*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN MANDIRI.....	II
KATA PENGANTAR.....	III
ABSTRAK	IV
DAFTAR ISI.....	V
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Urgensi Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
A. Kajian Induktif.....	5
B. Ergonomi	5
C. Antropometri	6
D. <i>Work – Related Musculoskeletal Disorders</i> (WMSD)	8
E. Pendekatan Ergonomi Dalam Perancangan Stasiun Kerja.....	8
F. Sikap dan Posisi Kerja.....	9
G. <i>Virtual Environment</i>	10
H. <i>Software Siemens Tecnomatix Jack</i>	10
I. <i>Static Strength Prediction</i> (SSP)	11
J. <i>Low Back Analysis</i>	12
K. <i>Ovako Working Posture Analysis</i> (OWAS).....	14
L. <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> (RULA)	15
M. <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI)	16
N. <i>Kerangka Konsep Penelitian</i>	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Lokasi Penelitian	18
B. Jenis penelitian	18
C. Metode Pengumpulan Data	18
D. Metode Pengolahan dan Analisis Data.....	19
E. Alur Penelitian.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
A. Identifikasi Kebutuhan Meja Kerja Pengelasan	21

B. Identifikasi Kebutuhan Konsep Rancangan Meja Kerja Pengelasan	22
C. Penyusunan Konsep Desain Meja Kerja Pengelasan	23
D. Penilaian Konsep Rancangan Stasiun Kerja.....	24
E. Modeling and Simulation lingkungan Kerja Pengelasan	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
A. Kesimpulan	30
DAFTAR PUSTKA.....	31

DAFTAR TABEL

Table 4.1 Kebutuhan Teknis Perancangan konsep desain meja kerja pengelasan	22
Table 4.2 Morphological chart alternative konsep	23
Table 4. 3 Rekapitulasi penyaringan konsep desain meja kerja pengelasan.....	24
Table 4. 4 Parameter ukuran tubuh mahasiswa Indonesia di usia 21 – 25 tahun.	25
Table 4. 5 Hasil penilaian kenyamanan yang dilakukan pada model manusia.....	27
Table 4. 6 hasil rekapitulasi penilaian RULA dengan menggunakan.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Representasi Gap permasalahan pada desain meja kerja pengelasan	21
Gambar 4.2 hasil alternatif konsep desain meja kerja pengelasan yang telah divalidasi.	25
Gambar 4. 3 lingkungan virtual pengujian simulasi model manusia dengan konsep desain meja kerja pengelasan yang telah divalidasi.	26
Gambar 4. 4 Hasil pengujian LBA pada model manusia menggunakan konsep desain meja kerja pengelasan.....	26
Gambar 4. 5 Contoh hasil penilaian rula yang di dapatkan dari software Catia V5 R21	28

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perusahaan *manufacture* berupaya menghadapi persaingan yang semakin ketat dengan cara peningkatan secara sustainable efisiensi perusahaan dan mempertahankan tingkat produktivitas agar selalu berada pada titik yang optimal (Farida & Setiawan, 2022). Tingkat produktivitas perusahaan memiliki keterkaitan yang erat dengan kemampuan sumber daya manusia yang bekerja (Sypniewska et al., 2023). Kemampuan pekerja yang baik memungkinkan mempertahankan produktivitas dan mendukung berbagai faktor pekerjaan, diantaranya adalah sistem kerja yang efisien, peralatan yang ergonomis, beban kerja yang ideal, serta interaksi yang sehat dengan lingkungan kerja yang dihadapi oleh para pekerja (Latip et al., 2022).

Faktor pekerjaan berhubungan langsung dengan kemampuan pekerja dan fasilitas kerja. desain fasilitas kerja yang baik harus berorientasi pada manusia dan mempertimbangkan dimensi tubuh atau antropometri pekerja sehingga memungkinkan memberikan rasa nyaman serta kemudahan melakukan pekerjaan (Hartono, 2018). Seiring pembelajaran di Program Studi Teknik Industri Universitas Bojonegoro (PSTI-UNIGORO) untuk mengimplementasikan sistem rekayasa kompleks melalui pembelajaran praktikum terintegrasi dengan konsep *learning factory* pada kasus siklus pembuatan produk yang sesuai kebutuhan praktikum.

Learning factory adalah konsep pembelajaran yang menyerupai fabrikasi nyata melalui pembuatan produk menjadi lebih optimal untuk mengembangkan potensi peserta didik (Cachay et al., 2012). (Abele et al., 2019) menyatakan *learning factory* pada sektor produksi merupakan pilar terpenting dalam menjawab tantangan terhadap *fragmentasi* pasar, produk yang disesuaikan secara individual atau permintaan dan penjualan yang tidak konsisten. Kegiatan praktikum terintegrasi 2 dalam menerapkan *learning factory* memiliki tujuan menyelesaikan masalah rekayasa kompleks meliputi manusia, material, peralatan, energi, informasi dan biaya (Rentzos et al., 2014). Implementasi *learning factory* digunakan untuk mendukung pengembangan kompetensi mahasiswa PSTI-UNIGORO sehingga memungkinkan menjadi lebih efektif, belajar secara aktif, situasional dan praktikan mampu memecahkan masalah proses manufaktur.

Modul kegiatan praktikum terintegrasi 2 pada konsep *learning factory* dalam proses perancangan produk yang sesuai kebutuhan pasar, disusun sebanyak 6 stasiun kerja

meliputi kerja bangku, *turning*, *milling*, *welding*, *woodworking* dan *bekleding*, serta *finishing*. Dalam pelaksanaannya proses pembuatan produk dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan selama proses praktikum dilakukan. Namun, Pada saat ini proses pengelasan di stasiun kerja *welding* masih menggunakan mekanisme fiksasi untuk mempermudah waktu *set-up*. Mekanisme fiksasi belum mendukung proses pembelajaran pada kasus pengelasan logam, seperti dudukan kursi, lengan meja, rangka sandaran, rangka H, dan penyangga meja yang ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Proses pengelasan pada praktikan PSTI-UNIGORO

Proses pengelasan pada gambar 1.1 postur tubuh praktikan membungkuk statis saat memotong secara vertikal dan postur lebih membungkuk lagi saat melakukan pengelasan. Postur yang tidak ergonomis ini bersifat statis dan repetitif (berulang – ulang) dan membutuhkan waktu yang lama dalam 1 siklus proses. Proses pembelajaran pengelasan didukung penggunaan balok besi berfungsi menekan komponen agar mudah disambung. Pada proses pengelasan Sering terjadi komponen yang akan disambung bergeser terhadap komponen lainnya, sehingga hasilnya kurang baik. Kekurangan alat bantu fasilitas kerja *welding* pada praktikum terintegrasi 2 di PSTI-UNIGORO saat ini adalah tidak mempertimbangkan ukuran antropometri praktikan. Akibatnya kegiatan pengelasan komponen produk menimbulkan masalah keluhan akibat kerja, seperti posisi kerja berpindah-pindah karena tidak dapat menjangkau komponen, postur tubuh terlalu membungkuk, dan jangkauan tangan ke depan lebih jauh. Kebutuhan rancangan alat bantu fasilitas kerja *welding* selama proses pengelasan memungkinkan memberikan pengaruh pada kenyamanan praktikan selama praktikum terintegrasi 2 berlangsung.

Beberapa penelitian yang mengkaji tentang alat bantu fasilitas kerja *welding* dilakukan Arum et al., (2022) melakukan perancangan alat bantu saat proses *welding* lengan meja dengan pipa bawah menggunakan pendekatan DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) untuk mengurangi resiko keamanan operator. Perancangan

alat bantu saat proses *welding* juga dilakukan Irwanto (2016) dengan mengevaluasi dan pertimbangan ergonomis dalam perancangan melalui aplikasi konsep *value engineering* dan prinsip ergonomic yang relevan untuk perancangan alat bantu yang diperlukan operator di stasiun kerja pengelasan, Namun tidak mempertimbangkan fleksibilitas stasiun kerja *welding* dan memodelkan sistem kerja operator. Menurut Mahesa et al., (2017) Stasiun kerja *welding* yang tidak fleksibel pada aktivitas berulang-ulang selama proses pengelasan menimbulkan *musculoskeletal disorders* pada praktikan. Selain itu, pengelasan pada sudut tertentu dengan posisi meja las datar membuat bahu lebih terangkat, mengakibatkan nyeri di bagian belakang (*backache*).

Kebutuhan modelling desain perancangan menjadi penting karena mampu memberikan rekomendasi penyesuaian pada stasiun kerja sebelum melakukan penerapan secara langsung kepada subjek dan lingkungan yang actual (Wynn & Clarkson, 2018). Pendekatan metode *Posture Evaluation Index* (PEI) untuk mempelajari aspek ergonomis dalam merancang stasiun kerja melalui virtual environment memungkinkan mengevaluasi *design* stasiun kerja dan menentukan desain yang paling ergonomis berdasarkan Gerakan (Iqbal et al., 2017a). Pada penelitian akan melakukan *Modeling Virtual Environments and Simulation* pada desain alat bantu fasilitas kerja *welding* menggunakan software Tecnomatix Jack untuk memberikan rekomendasi penyesuaian pada alat bantu fasilitas kerja *welding* pada praktikan PSTI-UNIGORO tanpa perlu melakukan penerapan secara langsung kepada subjek dan lingkungan yang actual sehingga memungkinkan keselamatan dan kenyamanan pada praktikan sebelum perancangan alat bantu di terapkan.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan di bahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis ergonomis postur kerja pada proses pengelasan untuk mengetahui tingkat cedera dan kelelahan yang terjadi pada pekerja dengan virtual environment?
2. Bagaimanakah desain usulan alat bantu kerja yang ergonomis yang dapat mengurangi kemungkinan terjadinya cedera (*muskuloskeletal disorders*) dan kelelahan yang mungkin dialami praktikan pada proses pengelasan?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis ergonomis postur kerja pada proses pengelasan untuk mengetahui tingkat cedera dan kelelahan yang terjadi pada pekerja dengan virtual environment?
2. Menganalisis desain usulan alat bantu kerja yang ergonomis yang dapat mengurangi kemungkinan terjadinya cedera (*muskuloskeletal disorders*) dan kelelahan yang mungkin dialami praktikan pada proses pengelasan?

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat sebagai signifikansi yang diharapkan *policy maker* dan *stake holder* untuk meningkatkan kinerja praktikum terintegrasi 2 pada PSTI-UNIGORO.

E. Urgensi Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi untuk mengembangkan *Modeling Virtual Environments and Simulation* pada desain alat bantu fasilitas kerja *welding* menggunakan software CATIA untuk memberikan rekomendasi penyesuaian pada alat bantu fasilitas kerja *welding* pada praktikan PSTI-UNIGORO tanpa perlu melakukan penerapan secara langsung kepada subjek dan lingkungan yang actual sehingga memungkinkan keselamatan dan kenyamanan pada praktikan sebelum perancangan alat bantu di terapkan.

BAB II LANDASAN TEORI

A. Kajian Induktif

Kajian induktif merupakan ilmu pengetahuan yang didapatkan dari hasil penelitian penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini menggali informasi dari penelitian terdahulu sebagai bahan perbandingan dan potensi kebaruan yang berkaitan dengan kajian pada bidang modeling simulasi yang berfokus pada ergodesain produk guna mendapatkan informasi yang mendukung. Ada beberapa penelitian terdahulu yang hampir serupa dengan penelitian yang dijelaskan pada table 2.1.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Judul dan author	Metode	Perangkat lunak	Variable pengukuran	Hasil
1	An Analysis of The Ergonomic Design of The Tactical Commander Console (TACCO) In The Virtual Environment Of Medium-Range Twin-Engine Maritime Patrol Aircraft (MPA) (Iqbal et al., 2017b)	<i>Lower Back Analysis (LBA), Ovako Working Posture Analysis (OWAS), dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i>	<i>Virtual Environment (PEI) menggunakan software Siemens Jack versi 6.1</i>	Analisis Jarak dan sudut kemiringan panel kontrol serta ketinggian kursi terhadap subyek manusia	Studi awal untuk mendesain ulang KKL menjadi desain yang ergonomis dan optimal
2	A highly efficient ergonomic approach for the bonded repair of composite aerostructures utilising a virtual environment (Marzano et al., 2017)	<i>Lower Back Analysis (LBA), Ovako Working Posture Analysis (OWAS), dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i>	<i>Virtual Environment (PEI) menggunakan Solidworks, Inventor, JACKS, ANNIE-Ergoman</i>	Analisis postur operator yang diubah dalam posisi duduk, berdiri, dan aktifitas penggunaan lift portable	Analisis rute alternatif, postur dan kecepatan bekerja dalam ruang 3D
3	Ergonomics Analysis of Blanket Lifting Technique Using Posture Evaluation Index Method in Virtual Environment (Rahmah et al., 2016)	<i>lower back analysis (LBA), ovako working posture analysis (OWAS), and rapid upper limb assessment (RULA)</i>	<i>Virtual Environment (PEI) menggunakan software Jack 6.1</i>	Analisis postur gerakan mengangkat pasien dengan peta tubuh Nordik	Analisis pengaruh postur mengangkat pasien terhadap keluhan MSDs

B. Ergonomi

Ergonomi adalah suatu cabang keilmuan yang mempelajari interaksi antara manusia dengan lingkungan dan alat kerja yang dipakai sehingga dapat berperan untuk menyelesaikan masalah ketidakserasian antara manusia dengan peralatan yang digunakan olehnya (Ghosh et al., 2011). Ergonomi pengaplikasian teori, prinsip, data, dan metode dalam perancangan perbaikan interaksi antara manusia dan elemen – elemen lain dalam

suatu sistem dapat mengoptimasi manusia dan performa sistem secara keseluruhan sehingga mendukung produktivitas perusahaan (Mohammed, 2019). Menurut Dul et, al, (2001) Implementasi ergonomi pada perancangan suatu sistem akan membuat sistem bekerja lebih baik dengan mengeliminasi aspek-aspek yang tidak diharapkan dalam suatu sistem. Seperti inefisiensi; kelelahan; kecelakaan dan kesalahan; kesulitan yang dialami manusia dalam melakukan pekerjaannya; serta moral yang rendah.

Sementara itu, secara umum ada 3 faktor manusia yang menjadi fokus penelitian ergonomi (Panjaitan et, al, 2019), yaitu Anatomi, fisiologi, dan antropometri tubuh manusia; Psikologi manusia yang berperan penting dalam menentukan tingkah laku manusia; serta Kondisi lingkungan kerja.

Menurut *The International Ergonomics Association* (IEA), ergonomi dibagi ke dalam 3 jenis (Association, n.d.) (Mohammadi et al., 2022). yaitu:

1. Ergonomi fisik, yaitu jenis ergonomi yang berhubungan dengan respon tubuh manusia terhadap beban fisik dan psikologis;
2. Ergonomi kognitif, yaitu jenis ergonomi yang melibatkan proses mental, seperti persepsi, atensi, kognisi, pengendalian motorik, dan ingatan yang mempengaruhi interaksi antara manusia dan elemen-elemen sistem; serta
3. Ergonomi organisasi, yaitu jenis ergonomi yang berhubungan dengan optimasi dari sistem-sistem sosioteknik, meliputi struktur organisasi, kebijakan, dan proses.

C. Antropometri

Menurut (Lusi et al., 2015) anthropometri berasal dari kata “anthro” yang berarti manusia dan “metri” yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dsb) berat dan lain – lain yang berbeda satu dengan yang lainnya. Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan–pertimbangan ergonomis dalam memerlukan interaksi manusia. Data anthropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal.

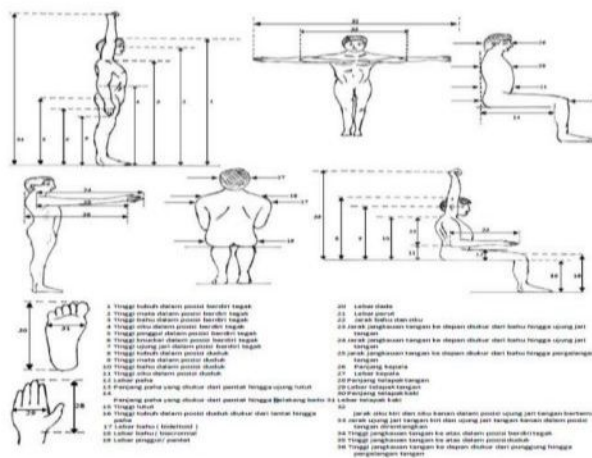
1. Perancangan areal kerja (*work station, interior mobil, dll*)
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, equipment, perkakas (*tools*) dan sebagainya.
3. Perancangan produk – produk konsumtif seperti pakaian, kursi/ meja komputer, dll.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan/ menggunakan produk tersebut. Mengingat banyaknya variasi ukuran dan proporsi tubuh manusia, menjadi tantangan tersendiri dalam suatu perancangan produk/ fasilitas kerja untuk dapat menyesuaikan dengan antropometri pekerjaanya. Suatu perancangan harus mampu mengakomodasi dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan tersebut. Secara umum, sekurangkurangnya 90-95% dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk haruslah mampu menggunakannya dengan selayaknya.

Data antropometri yang digunakan sebagai landasan dalam perancangan suatu sistem kerja umumnya dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu:

1. Data struktural, yaitu suatu ukuran dimensi tubuh dari subyek yang sedang berada dalam posisi statis. Pengukuran dibuat dari satu poin yang jelas ke poin yang lain, misalnya pengukuran tinggi badan dari lantai hingga ujung kepala, pengukuran jarak dari lutut ke lantai, dan lain-lain. Data ini dikenal juga dengan “static anthropometry”.
2. Data fungsional, yaitu data antropometri yang dikumpulkan untuk menjelaskan pergerakan dari bagian tubuh dari suatu titik yang telah ditetapkan. Data jangkauan maksimum tangan ke depan dari posisi berdiri subjek yang diukur merupakan salah satu contoh data antropometri fungsional. Data ini dikenal juga dengan “dynamic anthropometry”.

Data antropometri yang dibutuhkan dalam perancangan suatu sistem kerja seperti yang dijelaskan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Antropometri Tubuh Manusia
Sumber: (Lusi et al., 2015)

D. *Work – Related Musculoskeletal Disorders (WMSD)*

WMSD merupakan gangguan pada sistem muskuloskeletal tubuh manusia yang diakibatkan oleh faktor-faktor pekerjaan (Kwon et al., 2022). Penyebab terjadinya WMSD adalah keharusan untuk melakukan kegiatan berulang secara manual dalam posisi tubuh yang statis dengan pembebanan yang terus-menerus. Musculoskeletal disorders (MSDs) merupakan gangguan yang terjadi pada sistem kerangka otot, baik pada bagian otot rangka maupun pada tulang rangka, yang biasanya terjadi karena kesalahan sikap (posture) kerja, penggunaan tenaga berlebih (overexertion), peregangan berlebihan (overstretching) atau penekanan lebih (overcompression) dan lainnya (Sarkar et al., 2016). Gangguan pada otot dapat berupa ketegangan otot, inflamasi, dan degenerasi, biasanya terjadi bagian otot, syaraf, tendon, persendian, dan lainnya. Sedangkan pada tulang dapat berupa memar, patah, dan lainnya.

Secara umum, penyebab WMSD dapat diklasifikasikan ke dalam 3 faktor, yaitu:

1. Faktor primer, seperti peregangan otot yang berlebihan, aktivitas berulang, dan sikap kerja yang tidak alami.
2. Faktor sekunder, seperti tekanan langsung pada jaringan otot yang lunak, paparan udara panas dan dingin yang tidak sesuai, serta getaran yang dilakukan dengan frekuensi tinggi.
3. Faktor kombinasi, seperti usia, jenis kelamin, kebiasaan merokok, tingkat kesegaran jasmani manusia yang berbeda-beda, kekuatan fisik yang diperlukan untuk melakukan suatu pekerjaan, serta antropometri manusia.

E. Pendekatan Ergonomi Dalam Perancangan Stasiun Kerja.

Prinsip ergonomi dalam perancangan stasiun kerja harus disesuaikan peranan dan fungsi pokok dari komponen-komponen sistem kerja yang terlibat, yaitu meliputi manusia, mesin/ peralatan, dan lingkungan fisik kerja. Peranan manusia didasarkan pada kemampuan dan keterbatasannya, terutama yang berkaitan dengan aspek pengamatan, kognitif, fisik, ataupun psikologisnya. Demikian juga peranan atau fungsi mesin/ peralatan seharusnya ikut menunjang manusia dalam melaksanakan tugasnya.

Mesin atau peralatan berfungsi menambah kemampuan manusia, tidak menimbulkan stress tambahan akibat beban kerja, dan membantu melaksanakan kerja tertentu yang dibutuhkan dengan tetap berada di atas kapasitas manusia. Sementara itu, peranan dan fungsi dari lingkungan fisik kerja akan berkaitan dengan usaha untuk menciptakan kondisi kerja yang akan menjamin manusia dan mesin agar dapat berfungsi

pada kapasitas maksimalnya.

F. Sikap dan Posisi Kerja

Postur kerja penting untuk diperhatikan dalam perancangan stasiun kerja karena postur kerja sering kali menjadi penyebab utama timbulnya sakit atau keluhan pada beberapa bagian tubuh manusia. Penentuan postur kerja yang paling baik adalah didasarkan pada pertimbangan mengenai jenis pekerjaan yang dilakukan. Secara umum, terdapat tiga jenis postur dasar, yaitu duduk, berdiri, dan duduk berdiri. Dari ketiga postur dasar tersebut, postur kerja yang diusulkan untuk beberapa tipe pekerjaan dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Postur Kerja yang Diusulkan
untuk Beberapa Jenis Pekerjaan**

Jenis Pekerjaan	Postur Kerja yang Diusulkan
Mengangkat beban lebih dari 5 kg	Berdiri
Bekerja di bawah tinggi siku	Berdiri
Menjangkau horizontal	Berdiri
Perakitan ringan dan repetitif	Duduk
Pekerjaan yang membutuhkan ketelitian dan detail	Duduk
Inspeksi visual dan monitoring	Duduk
Bergerak secara rutin	Duduk - berdiri

Sumber:(Stanton, 2005)

Untuk menghindari sikap dan posisi kerja yang kurang nyaman, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan stasiun kerja, yaitu:

1. Meminimalisasi kemungkinan operator untuk bekerja dalam sikap posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan sering atau jangka waktu lama. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka stasiun kerja harus dirancang dengan memperhatikan fasilitas kerja seperti meja kerja, kursi, dan lainlain yang sesuai dengan data antropometri agar operator dapat menjaga sikap dan posisinya tetap tegak dan normal. Ketentuan ini terutama ditekankan jika pekerjaan harus dilaksanakan pada posisi berdiri.
2. Operator tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum yang bisa dilakukan.
3. Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada, atau kaki berada pada posisi miring. □ Operator tidak seharusnya bekerja dalam frekuensi dan periode waktu yang lama dengan

tangan berada dalam posisi di atas level siku yang normal.

G. *Virtual Environment*

Virtual environment merupakan suatu representasi dari sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer yang memungkinkan penggunaanya untuk berinteraksi dengan lingkungan sintesis yang memiliki kemiripan dengan lingkungan nyata. Simulasi dalam lingkungan virtual harus dapat mensimulasikan bagaimana model manusia berada pada lokasi yang baru, berinteraksi dengan obyek dan lingkungan, serta mendapat respon balik yang tepat dari obyek yang dimanipulasi.

Virtual environment dapat didefinisikan sebagai simulasi tiga dimensi, yaitu multisensor, realtime, dan interaktif, yang dapat dibuat oleh user melalui peralatan input atau output tiga dimensi. Definisi lain menyebutkan virtual environment sebagai representasi komputer tiga dimensi dari sebuah ruang, di mana user dapat memindahkan titik pandang dengan bebas secara realtime.

H. *Software Siemens Tecnomatix Jack*

Pembuatan lingkungan virtual membutuhkan penggunaan software dan hardware sehingga lingkungan virtual bergantung pada perkembangan teknologi informasi. Software Siemens Tecnomatix Jack, merupakan salah satu software yang dapat digunakan dalam pembuatan virtual environment.

Menurut (Löfqvist et al., 2012), JACK® adalah program komputer yang dikembangkan di University of Pennsylvania di Amerika Serikat yang dapat melakukan simulasi ergonomis dengan menggunakan model tubuh manusia (manikins). Program ini memberikan kesempatan untuk mengubah dimensi fisik (dari pengukuran antropometri) pada manikins pria (*Jack*) dan wanita (*Jill*) untuk menguji produk dan tempat kerja/workplace untuk orang dengan berbagai ukuran dimensi fisik.

Beberapa hal yang dapat dilakukan oleh *software Jack* dalam penggunaannya sebagai alat simulasi virtual environment antara lain:

1. Mengimpor gambar CAD sehingga pengguna dapat mendesain virtual environment sesuai dengan layout dan komponen lokasi yang diinginkan;
2. membuat model pria dan wanita digital dengan berbagai ukuran antropometri;
3. Memosisikan manusia digital dan membuat postur tubuh sesuai dengan aktivitas dan stasiun kerja yang terlibat;
4. Mengevaluasi apa saja yang dapat dilihat seorang manusia dari sudut pandang mereka

dengan memanfaatkan tampilan dari feature view cone;

5. Mengevaluasi kemampuan menjangkau dan mengangkat maksimum dari manusia digital; serta
6. Menganalisis pengaruh postur kerja pada bagian-bagian tubuh manusia digital.

Untuk melakukan simulasi pada software Jack, ada beberapa langkah yang harus dilakukan, yaitu:

1. Membuat virtual environment, di mana pembuatan virtual environment dilakukan dengan mengimpor obyek yang telah dibuat pada software CAD ke software Jack dan mengatur posisinya sesuai dengan kondisi aktual;
2. Membuat virtual human, yaitu dengan memanfaatkan fasilitas *Advanced Human Scaling* pada *software Jack* sehingga dapat dibuat *virtual human* dengan ukuran antropometri yang diinginkan;
3. Memosisikan virtual human pada *virtual environment*, di mana virtual human dimasukkan ke dalam virtual environment dan diposisikan pada virtual environment sesuai dengan kondisi aktual;
4. Memberi tugas pada virtual human, di mana dilakukan pemberian animasi yang menunjukkan mekanisme gerakan suatu operasi pekerjaan; serta
5. Menganalisis hasil simulasi dengan *Task Analysis Toolkit* (TAT) pada *software Jack*.

I. *Static Strength Prediction* (SSP)

Static Strength Prediction (SSP) merupakan salah satu alat analisis ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi persentase dari populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melaksanakan suatu operasi kerja. Analisis kapabilitas yang dilakukan SSP didasarkan pada pertimbangan postur, tenaga yang dibutuhkan, dan antropometri (Chiang et al., 2006). Prinsip dasar SSP adalah sebagai berikut:

$$\begin{array}{cc} \text{[Each Joint Load Moment]} < \text{[Population Strength Moments]} \\ \text{(Predicted from model)} & \text{(Statistically defined norms)} \end{array}$$

Perhitungan nilai SSP menggunakan suatu konsep yang disebut dengan konsep biomekanika. Cara kerja konsep biomekanika tersebut adalah dengan melihat sistem muskuloskeletal yang memungkinkan tubuh untuk mengungkit (fungsi tulang) dan bergerak (fungsi otot). Pergerakan otot akan membuat tulang untuk cenderung berotasi pada setiap persendian yang ada. Besarnya kecenderungan berotasi ini disebut dengan momen rotasi pada suatu sendi. Selama terjadi pergerakan, maka akan terjadi usaha saling menyeimbangkan antara gaya yang dihasilkan oleh kontraksi otot dengan gaya yang

dihasilkan oleh beban pada segmen tubuh dan faktor eksternal lainnya. Secara matematis hal ini dituliskan dalam persamaan:

$$M_j = S_j \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

M_j = gaya eksternal pada setiap persendian

S_j = gaya maksimum otot pada setiap persendian

Nilai M_j dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu:

1. Beban yang dialami tangan (misalnya beban mengangkat, gaya dorong, dan lain-lain);
2. Postur kerja ketika seseorang mengeluarkan usaha terbesarnya; dan Antropometri seseorang. Analisis terhadap SSP dapat digunakan untuk membantu:
3. Menganalisis pekerjaan yang berhubungan dengan pengoperasian material yang meliputi pengangkatan barang, penurunan barang, mendorong, dan menarik, yang membutuhkan pergerakan pada pinggang, serta gerakan tangan dan gaya yang kompleks;
4. Memprediksi persentase pekerja wanita dan pria yang memiliki kekuatan untuk melaksanakan pekerjaan yang telah ditentukan; serta
5. Mengidentifikasi postur-postur kerja tertentu yang membutuhkan karakteristik kekuatan yang melebihi batas beban ideal, maupun melebihi batas kemampuan pekerja.

Dalam merancang suatu stasiun kerja, sebuah kegiatan kerja hanya dapat diterima jika persentase pekerja yang mampu melakukannya mencapai 100%. Dalam praktiknya, hal ini mustahil dilakukan sehingga ditetapkan batas 90% untuk validasi kegiatan.

J. Low Back Analysis

Low Back Analysis (LBA) merupakan metode untuk mengevaluasi gaya gaya yang bekerja di tulang belakang manusia pada kondisi beban dan postur tertentu (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc, 2013) (Gao et al., 2023). Metode LBA bertujuan untuk:

1. Menentukan apabila posisi kerja yang ada telah sesuai dengan batasan beban yang ideal ataupun menyebabkan pekerja rentan terkena cedera pada tulang belakang.
2. Mengevaluasi tugas – tugas yang dilakukan untuk menentukan resiko cedera tulang belakang dengan membandingkan terhadap pedoman NIOSH.
3. Memprioritaskan jenis-jenis kerja yang membutuhkan perhatian lebih untuk dilakukan perbaikan ergonomi di dalamnya.

Metode ini menggunakan sebuah model biomekanika kompleks dari tulang belakang manusia yang menggabungkan anatomi terbaru dan data-data fisiologis yang didapatkan dari literatur-literatur ilmiah yang ada. Selanjutnya, metode ini akan mengkalkulasi gaya tekan dan tegangan yang terjadi pada ruas lumbar 4 (L4) dan lumbar 5 (L5) dari tulang belakang manusia dan membandingkan gaya tersebut dengan batas nilai beban ideal yang dikeluarkan oleh National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Nilai beban ideal yang disyaratkan oleh NIOSH merupakan nilai beban yang diukur menurut kemampuan pekerja dengan kondisi ideal untuk mengangkat ataupun memproses suatu beban secara aman pada jangka waktu tertentu. Secara matematis, standar lifting NIOSH ini dapat dirumuskan sebagai berikut) (Kamarudin et al., 2013):

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

RWL = recommended weight limit (batas beban yang direkomendasikan)

LC = beban konstan

HM = faktor "Horizontal Multiplier",

VM = faktor "Vertical Multiplier",

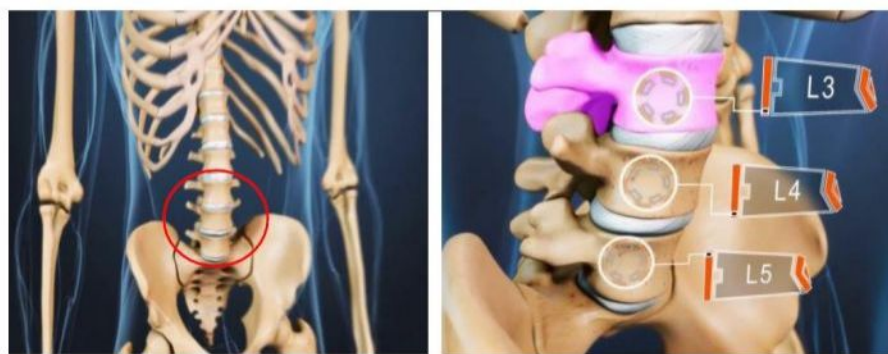
DM = faktor "Distance Multiplier" atau faktor pengali jarak,

FM = faktor "Frequency Multiplier" atau faktor pengali frekuensi,

AM = faktor "Asymmetric Multiplier"

CM = faktor "Coupling Multiplier".

Daerah ruas lumbar 4 (L4) dan lumbar 5 (L5) dari struktur tulang belakang manusia yang umumnya mengalami gaya kompresi terbesar dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Struktur Tulang Belakang Manusia
Sumber: (Abbas et al., 2010)

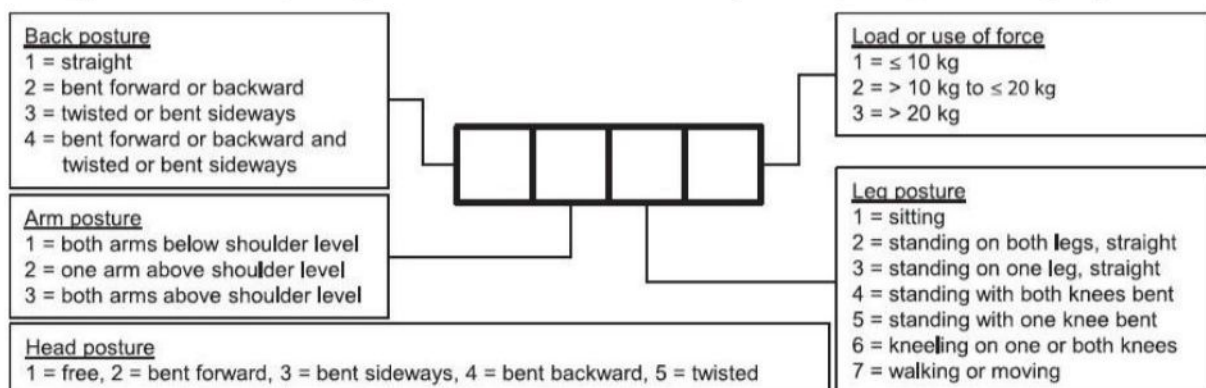
Tekanan yang diizinkan mengacu pada standar NIOSH, yaitu berada di bawah 3.400 N. Selama masih berada di bawah nilai tersebut, kompresi terhadap tulang belakang masih dapat dikatakan rendah.

K. *Ovako Working Posture Analysis (OWAS)*

OWAS merupakan metode untuk menganalisa dan mengevaluasi kenyamanan postur kerja serta menentukan urgensi perbaikan korektifnya (Diego et, al, 2014). Metode OWAS Mengevaluasi ketidaknyamanan relatif dari postur kerja berdasarkan posisi punggung, lengan dan kaki, serta persyaratan beban. Kemudian menetapkan skor postur yang dievaluasi yang menunjukkan urgensi mengambil tindakan korektif untuk mengurangi potensi postur untuk membuat pekerja cedera. Metode ini dapat memberikan solusi untuk:

1. Dapat menilai postur kerja dengan cepat sehingga dapat diketahui resiko bahaya dan cedera dari pekerja.
2. Perencanaan tugas manual baru atau memberikan panduan dalam mendesain ulang tugas yang ada untuk tempat kerja yang lebih nyaman dan peningkatan kualitas produksi.
3. Mengidentifikasi dan memprioritaskan postur kerja yang membutuhkan perhatian paling mendesak untuk modifikasi ergonomis.

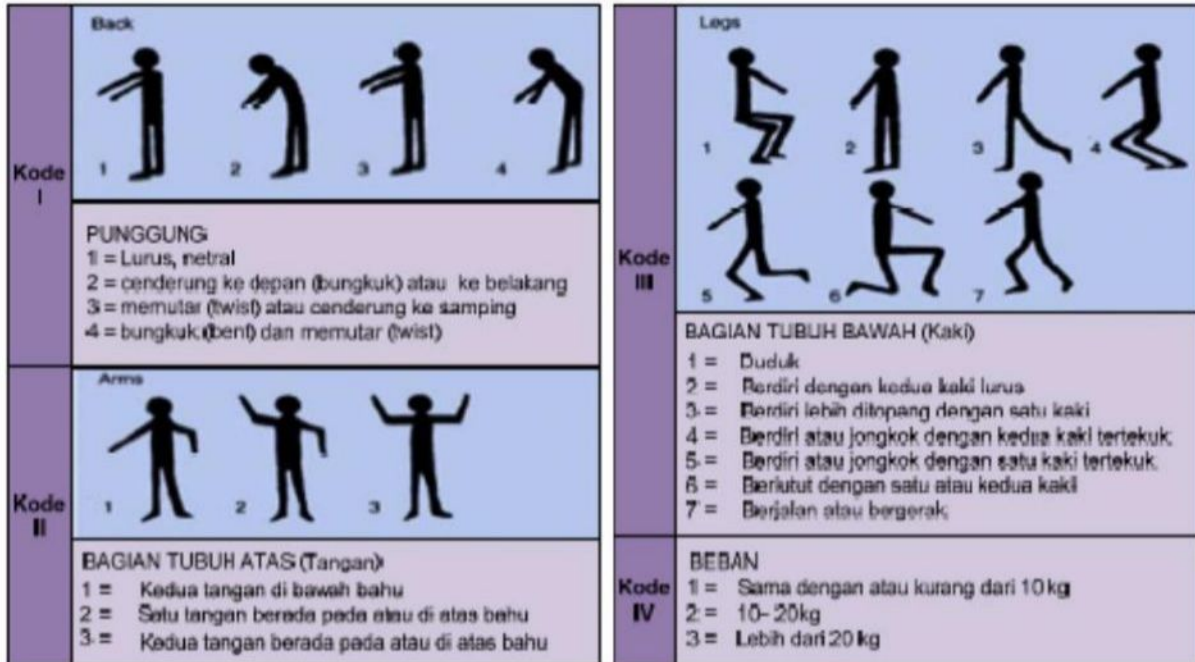
Hasil penilaian OWAS akan menentukan tingkat kepentingan atau urgensi untuk dilakukannya perbaikan terhadap rancangan stasiun kerja. Dalam metode PEI, indeks nilai tingkat kenyamanan yang dihasilkan akan dibandingkan dengan tingkat kenyamanan maksimum dalam metode OWAS, yaitu 4. Metode ini menilai empat bagian tubuh yang dirangkum dalam empat digit kode. Contoh kode misalnya 1121, 2121, dan sebagainya.



Gambar 2.4 Body part posture code classification based on OWAS

Sumber: (Lins & Hein, 2022)

Angka pertama dalam kode untuk menjelaskan postur kerja bagian back (tulang punggung), digit kedua adalah bagian upper limb, digit ketiga lower limb dan terakhir adalah beban yang digunakan selama proses kerja berlangsung. Berikut ini adalah gambaran dan detail kode OWAS dijelaskan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kode OWAS untuk Berbagai Bagian Tubuh

Sumber: (Grzybowska, 2010)

Setelah mendapatkan nilai – nilai dari keempat parameter diatas, dilakukan perhitungan untuk menghasilkan skor akhir OWAS. Skor akhir ini memiliki range nilai dari 1 hingga 4, dengan keterangan dari masing – masing skor dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Kode dan Skor akhir nilai OWAS

Kode	Keterangan	Penjelasan
1	Normal Posture Tindakan	perbaikan tidak diperlukan
2	Slightly harmful	Tindakan perbaikan diperlukan di masa datang
3	Distinctly harmful	Tindakan perbaikan diperlukan segera
4	Extremely harmful	Tindakan perbaikan diperlukan secepat mungkin

L. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

RULA merupakan metode untuk mengevaluasi tekanan beban kerja terhadap risiko cidera pada tubuh bagian atas pekerja. Analisis RULA terbagi ke dalam 2 bagian besar, yaitu:

1. Kelompok A yang terdiri dari lengan bagian atas dan bawah serta tangan yang terdiri dari pergelangan tangan dan putaran yang terjadi pada pergelangan tangan; dan
2. Kelompok B yang terdiri dari batang tubuh dan leher.

Pendekatan yang dilakukan biasanya menggunakan pembobotan, di mana semakin tinggi bobot, akan semakin besar risiko pekerjaan tersebut terhadap kesehatan. Masing – masing anggota tubuh pada kedua kelompok tersebut akan mendapatkan skor berdasarkan postur tubuh yang terbentuk selama pekerjaan berlangsung. Kemudian dengan sistem penilaian standar RULA, skor masing – masing anggota tubuh tersebut dikombinasikan untuk mendapatkan nilai kelompok, dan kemudian menghasilkan nilai grand score RULA.

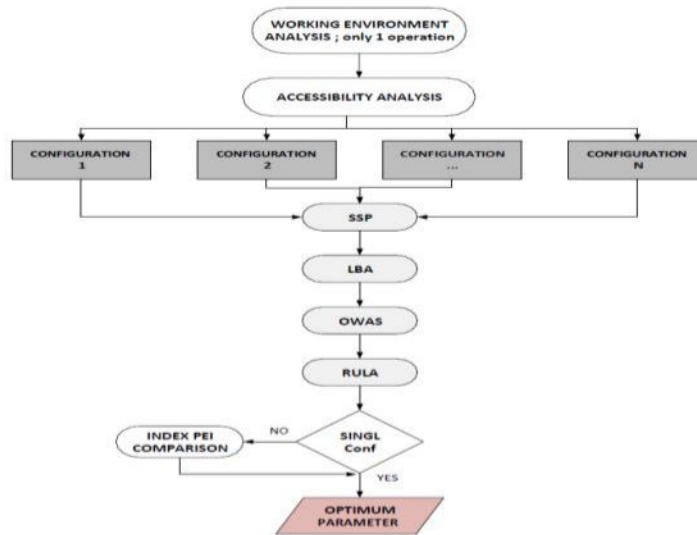
Tabel 2.4. Pembobotan Nilai pada RULA

Skor	Keterangan
1 dan 2	Postur tubuh dapat diterima, selama tidak dilakukan dalam
3 dan 4	Diperlukan perhatian khusus dan perubahan yang mungkin
5 dan 6	Perhatian dan perubahan perlu dilakukan
7	Perubahan sangat perlu dilakukan

Metode RULA dapat digunakan untuk empat tujuan, yaitu sebagai sarana pengidentifikasian secara cepat potensi dari beban kerja yang memungkinkan terjadinya cidera pada tubuh bagian atas, sebagai panduan desain untuk manual kerja yang baru atau sebagai pedoman perancangan ulang manual kerja yang telah ada, serta sebagai bahan identifikasi skala prioritas postur kerja yang paling membutuhkan perubahan secara ergonomi.

M. Posture Evaluation Index (PEI)

Tingkat kenyamanan yang optimal didapatkan dilakukan dengan diminimalisasi terbentuknya critical posture selama operasi kerja berlangsung. *Critical posture* dari setiap rangkaian operasi kerja merupakan postur kerja yang paling berpotensi menimbulkan WMSD. Sering kali *critical posture* sulit untuk dideteksi dengan tepat. Untuk mengatasi hal ini, dikembangkan sebuah tool yang disebut dengan PEI. PEI adalah tool untuk menilai kualitas dari suatu postur tunggal dengan mengandalkan TAT pada software Jack. Dengan menggunakan metode PEI, kualitas dari suatu postur tunggal dengan mengandalkan TAT ini dapat dinilai sehingga critical posture juga dapat dideteksi (Polášek et al., 2015). Gambar 2.6 menjelaskan alur penggunaan metode PEI.

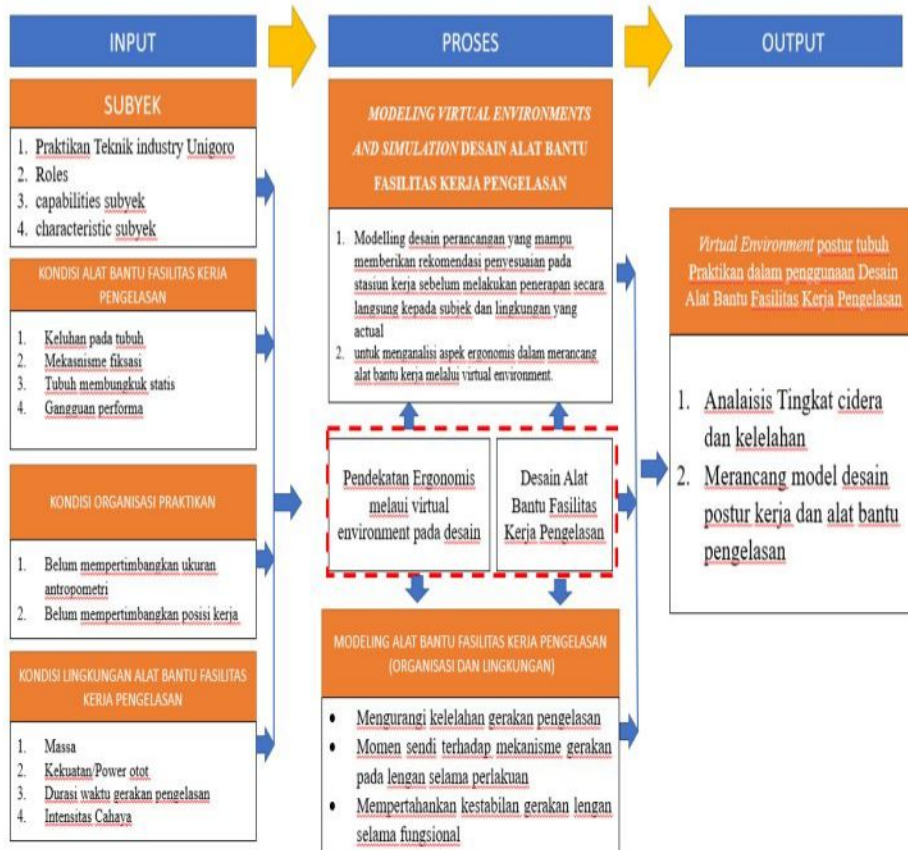


Gambar 2.6 Alur Penggunaan PEI

Sumber: (Iqbal et al., 2017)

N. Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka berpikir penelitian dikaji berdasarkan permasalahan yang muncul, potensi yang dimiliki, tujuan penelitian, *outcome* penelitian dan *novelty* disusun dalam kerangka konsep berpikir yang dijelaskan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kerangka Konsep Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di laboratorium ergonomi dan pengukuran kerja Program Studi Teknik Industri Universitas Bojonegoro.

B. Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah desain eksperimen (*experimental design*) yang digunakan untuk menentukan dampak dari suatu faktor terhadap variabel tertentu. Rancangan eksperimen yang digunakan adalah *within subject design factorial* dimana subjek diuji dengan berbagai level variable independent. Rancangan eksperimen *within subject design factorial* memiliki kelebihan diantaranya meminimalisir variansi, efisiensi waktu dan sumber daya manusia (Bell, 2009). Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder yang akan digunakan materi observasi.

1. Data primer

Data ini dikumpulkan melalui observasi langsung pada objeknya yaitu praktikan program studi Teknik Industri Universitas Bojonegoro (PSTI-UNIGORO) dan dengan melakukan pengukuran pada alat bantu kerja pengelasan.

2. Data sekunder

Data sekunder atau data yang sudah diperoleh dalam bentuk jadi adalah data antropometri orang Indonesia dari artikel *Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations*.

C. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data menggunakan teknik sebagai berikut:

1. Penelitian Kepustakaan

Merupakan data sekunder, dengan mengumpulkan data – data teoritis kemudian dibaca dan dicatat keterangan dari beberapa jurnal, artikel, dan buku ergonomi yang diperoleh dari perpustakaan dan situs web. Subyek yang dicari adalah ergonomi yang terkait dengan tema *virtual environment* dan *Posture Evaluation Index (PEI)*.

2. Observasi Lapangan

Data - data tersebut dikumpulkan dengan cara observasi secara langsung disertai dengan pengukuran pada objek penelitian yang bersangkutan. Datadata diperoleh

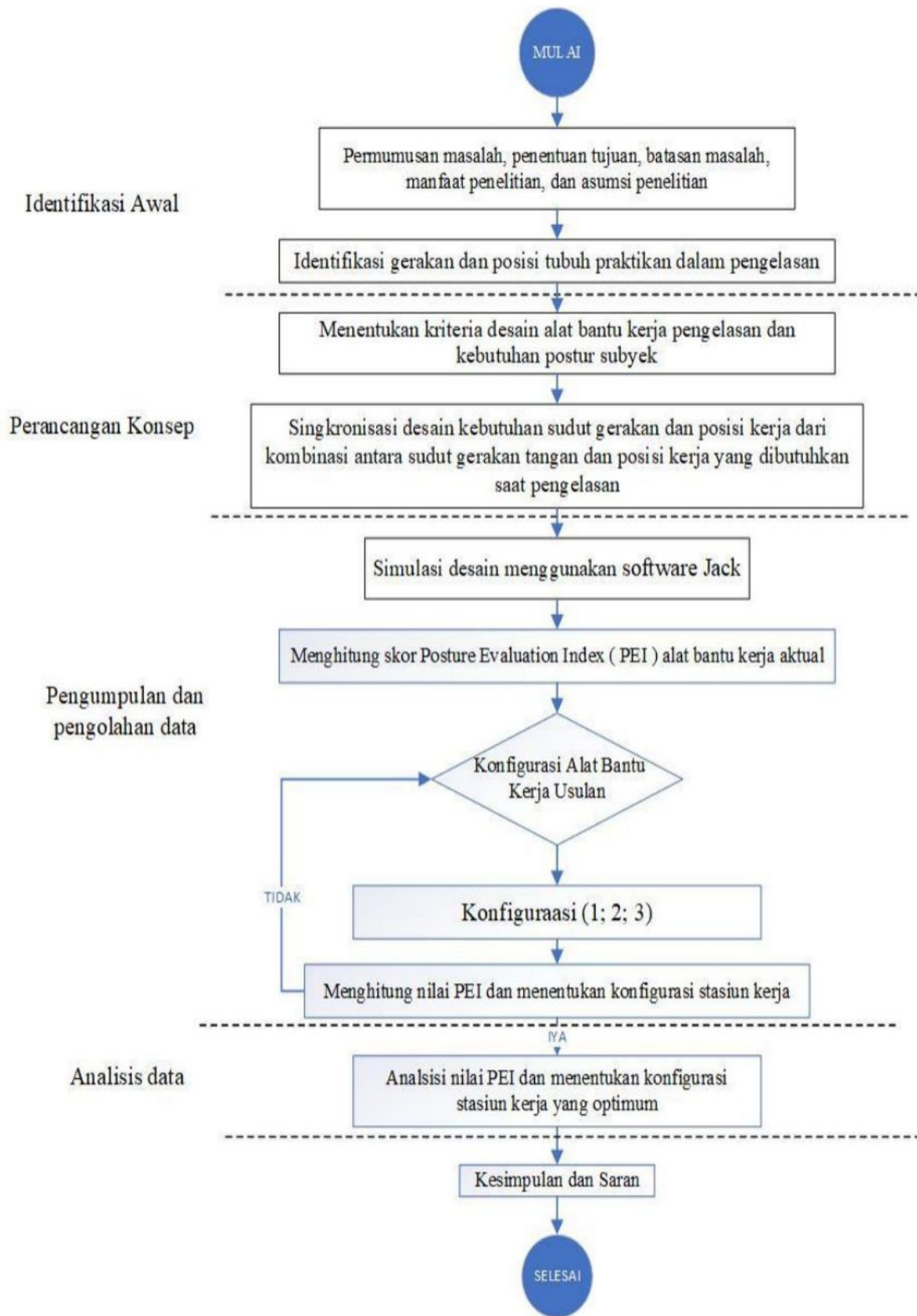
melalui wawancara kepada pekerja industri kecil tahu, pengukuran postur tubuh pekerja, observasi rangkaian operasi kerja, serta dimensi stasiun kerja yang dilakukan pada bulan September-Januari 2023.

D. Metode Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *software* ergonomi bernama *Jack software*. Data-data yang telah dikumpulkan akan diterjemahkan ke dalam bentuk simulasi virtual dengan cara membuat stasiun kerja / benda kerja tersebut pada lingkungan virtual, serta membuat model manusia dengan memasukkan data antropometri dan postur tubuh pekerja pada *software* Jack. Simulasi gerakan kerja akan dilakukan pada setiap setiap konfigurasi stasiun kerja yang telah dirancang, untuk kemudian dianalisis secara lebih lanjut

Analisis dilakukan dengan cara pengolahan hasil simulasi yang dikeluarkan oleh *software* Jack sehingga didapatkan nilai Postur Evaluation Index (PEI). Nilai PEI dipergunakan untuk menilai kualitas ergonomi postur kerja yang dihasilkan dari setiap konfigurasi, sehingga akan didapatkan usulan perbaikan yang paling ideal secara ergonomis untuk setiap stasiun kerja yang ada.

E. Alur Penelitian

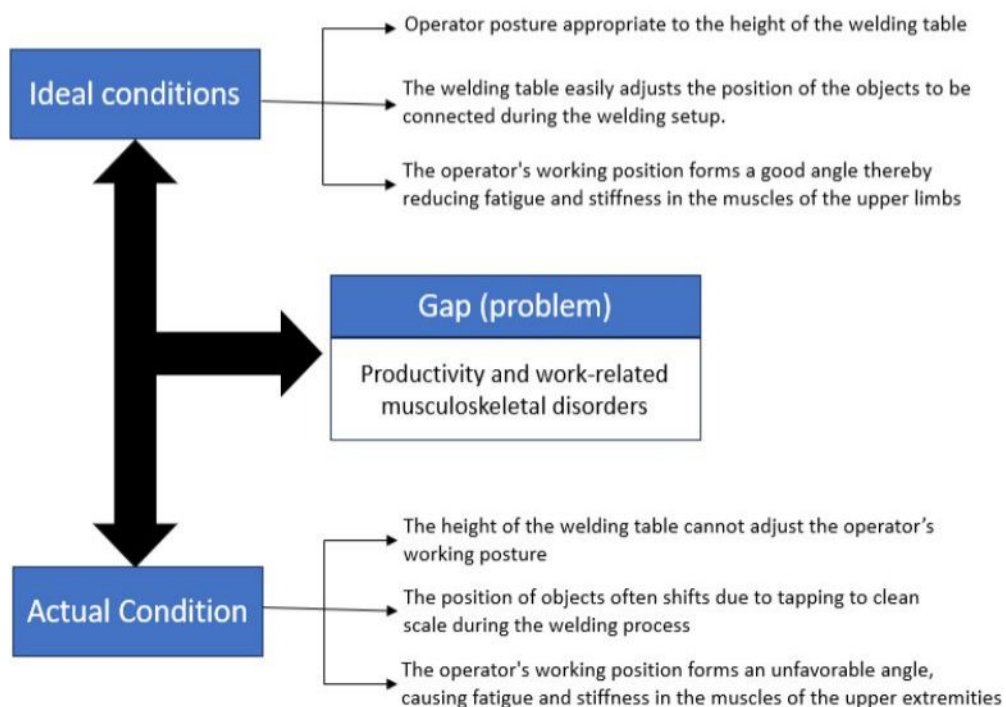


Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Kebutuhan Meja Kerja Pengelasan

Kebutuhan meja kerja Pengelasan dikarenakan munculnya beberapa permasalahan yang mengakibatkan WMSDs pada operator karena desain meja kerja tidak dapat menyesuaikan dengan kebutuhan postur kerja operator pengelasan. Desain meja kerja pengelasan pada umumnya di buat secara dengan kondisi kaki-kaki meja menetap dan tinggi kaki meja tidak dapat disesuaikan dengan postur pekerja. Postur kerja dengan kondisi kaki-kaki meja menetap dan tinggi kaki meja tidak dapat disesuaikan telah diidentifikasi di beberapa penelitian dengan hasil posisi kerja pada operator membentuk sudut 180 derajat sehingga menyebabkan operator dibagian segmen kepala, leher, dan bahu membentuk sudut 35 derajat dan juga segmen pinggang dan bahu membentuk sudut 25 derajat, hal ini yang menyebabkan cepat timbulnya kelelahan dan kekakuan pada otot anggota gerak atas (Nedohe et al., 2023). Selain itu, permasalahan lain yang muncul yaitu meja kerja Pengelasan tidak mudah menyesuaikan posisi objek benda yang akan disambung selama pengaturan pengelasan sehingga sering mengalami pergeseran akibat pengetukan pada bagian yang disambung. Munculnya permasalahan pada desain meja kerja pengelasan menyebabkan kondisi actual proses pembelajaran pengelasan tidak sesuai dengan kondisi ideal sehingga terjadi gap yang direpresentasikan melalui Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Representasi Gap permasalahan pada desain meja kerja pengelasan

Representasi Gap permasalahan pada Gambar 2 menjelaskan bahwa keadaan actual yang terjadi pada beberapa permasalahan yang mengakibatkan produktifitas operator menjadi menurun karena dimensi meja las tidak dapat menyesuaikan dengan postur kerja operator sehingga timbulnya selisih ketinggian dan menjadi miring yang mengakibatkan hasil pengelasan menjadi tidak presisi. Selain itu, penggunaan meja kerja pengelasan kondisi idealnya seharusnya dapat menyesuaikan postur kerja operator sehingga dapat mengurangi WMSDs pada operator saat bekerja.

B. Identifikasi Kebutuhan Konsep Rancangan Meja Kerja Pengelasan

Identifikasai kebutuhan konsep desain meja kerja pengelasan di evaluasi berdasarkan permasalahan yang terjadi pada kondisi actual. Konsep desain meja kerja pengelasan di lakukan menggunakan komposisi yang dijabarkan menjadi kebutuhan Teknis perancangan sehingga dapat diketahui spesifikasi kebutuhan target untuk perbaiki desain meja kerja pengelasan. Kebutuhan Teknis Perancangan konsep desain meja kerja pengelasan dijelaskan pada table 1.

Table 4.1 Kebutuhan Teknis Perancangan konsep desain meja kerja pengelasan

No	Kebutuhan Desain	Spesifikasi Target
1	Meja kerja pengelasan dirancang dapat mempercepat proses set up pengelasan	Meja kerja pengelasan dirancang secara permanen pada setiap komponen untuk mengurangi set up
2	Meja kerja pengelasan dirancang untuk mendapatkan hasil pengelasan yang maksimal dan presisi	Meja kerja pengelasan dirancang dengan penjempit komponen pengelasan untuk mengurangi pergeseran komponen yang akan dilas
3	Meja kerja pengelasan didesain dengan sistem kerja yang sederhana	Meja kerja pengelasan dapat dioperasikan secara manual
4	Desain meja kerja pengelasan dapat dimiringkan menyesuaikan dengan posisi kenyamanan gerak operator	Meja kerja pengelasan dirancang dengan fitur adjustable yang dapat memiringkan meja hingga 30 derajat
5	Desain kaki meja kerja pengelasan dapat menyesuaikan dengan postur kerja operator	Kaki meja kerja pengelasan dirancang dengan fitur adjustable yang dapat naik turunkan antara 50 cm sampai dengan 100 cm.

C. Penyusunan Konsep Desain Meja Kerja Pengelasan

Penyusunan konsep desain meja kerja pengelasan dilakukan dengan menggunakan morphological chart. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui elemen-elemen penting untuk memperluas pencarian Solusi dari beberapa alternatif. Table 2 merupakan morphological chart dari konsep desain meja kerja pengelasan.

Table 4.2 Morphological chart alternative konsep

No.	Solusi Fungsi	Alternatif 1	Flow alternatif		Alternatif 2
			1	2	
1.	Rangka meja kerja pengelasan dirancang secara permanen pada setiap komponen	Meja kerja pengelasan dapat disesuaikan secara langsung			Meja kerja pengelasan dapat disesuaikan menggunakan bantuan alat bantu lain.
2.	Meja dilengkapi dengan penjempit komponen pengelasan	Penjempit komponen pengelasan di buat secara permanen			Penjempit komponen pengelasan dapat disesuaikan
3.	Meja kerja pengelasan dapat dioperasikan secara mudah	Langkah penggunaan manual tanpa alat bantu set up			Langkah penggunaan tanpa membutuhkan alat bantu lain dalam set up.
4.	meja di dapat di miringkan menyesuaikan Mekanisme Elevasi operator	Kemiringan meja di buat secara permanen 30 derajat			sudut kemiringan meja dapat disesuaikan.
5.	Ketinggian meja kerja pengelasan di rancangan dengan system Adjustable	ketinggian meja dapat disesuaikan menggunakan system hidrolik			ketinggian meja dapat disesuaikan menggunakan sistem ulir

Morphological chart dari table 2 menunjukkan konsep desain yang diperoleh berdasarkan pembagian dari solusi pencarian internal dan eksternal. Konsep yang didapat sebanyak tiga konsep desain dan dibagi berdasarkan warna yaitu warna biru untuk konsep desain I, warna oren untuk konsep desain II, dan warna hitam untuk konsep desain III.

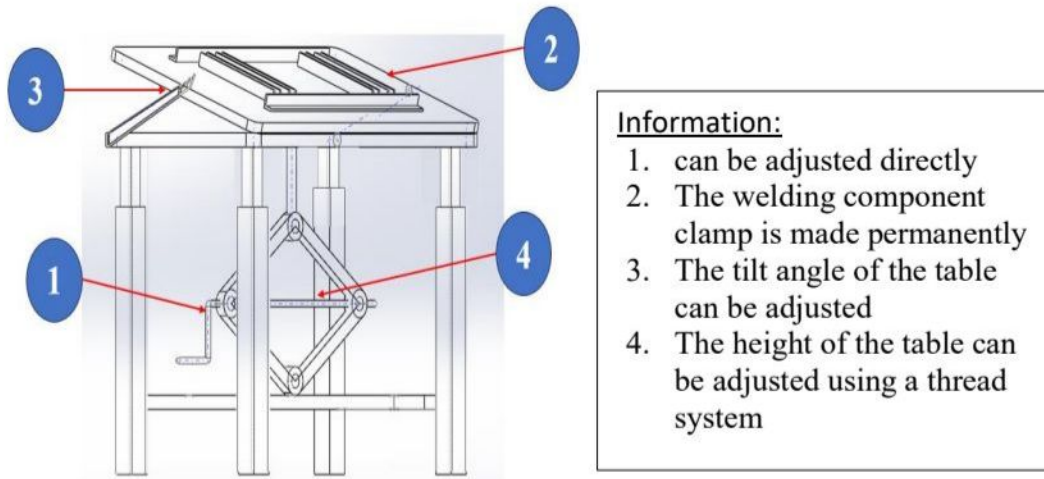
D. Penilaian Konsep Rancangan Stasiun Kerja

Penyaringan tiga konsep desain meja kerja pengelasan yang telah diperoleh diidentifikasi menggunakan penilaian konsep produk menggunakan metode pugh (Frey et al., 2009). Penilaian konsep produk dilakukan dengan melakukan diskusi bersama pengguna dan ahli untuk mendapatkan empat kriteria seleksi berdasarkan metode pugh yaitu performance, features, durability, dan serviceability. Tabel 3 merupakan hasil Rekapitulasi penyaringan konsep dari desain meja kerja pengelasan.

Table 4. 3 Rekapitulasi penyaringan konsep desain meja kerja pengelasan

No.	Kriteria Seleksi	Rekapitulasi Penyaringan Alternatif Konsep Desain		
		Konsep Desain I	Konsep Desain II	Konsep Desain III
1	Performance	+	0	0
2	Features	+	+	+
3	Durability	+	+	+
4	Serviceability	+	+	-
Jumlah (+)		4	3	3
Jumlah (0)		0	1	0
Jumlah (-)		0	0	1
Nilai Akhir		4	3	2

Rekapitulasi penyaringan konsep dari desain meja kerja pengelasan pada table 3 telah diidentifikasi alternatif konsep dari beberapa pendapat sehingga didapatkan nilai alternatif tertinggi yaitu konsep desain I dengan spesifikasi yang menjadi parameter adalah Meja kerja pengelasan dapat disesuaikan secara langsung, Penjempit komponen pengelasan di buat secara permanen, Langkah penggunaan manual tanpa alat bantu set up, Kemiringan meja dapat disesuaikan sudut kemiringannya, dan ketinggian meja dapat disesuaikan menggunakan sistem ulir. Gambar 3 merupakan hasil alternatif konsep desain meja kerja pengelasan yang telah divalidasi.



Gambar 4.2 hasil alternatif konsep desain meja kerja pengelasan yang telah divalidasi.

E. Modeling and Simulation lingkungan Kerja Pengelasan

Dua set modul simulasi pengujian desain meja kerja pengelasan menggunakan perangkat lunak Catia V5 R21, pertama, operator diposisikan secara berdiri menggunakan konsep desain meja kerja pengelasan, kedua, operator diposisikan dengan simulasi melakukan pengelasan. Persentil postur tubuh mahasiswa Indonesia dikategorikan berumur 21 tahun sampai dengan 25 tahun untuk digunakan sebagai model tubuh mahasiswa Indonesia. Data acuan ukuran antropometri postur tubuh mahasiswa indonesia yang digunakan berdasarkan antropometriindonesia.org (penghimpun ergonomi indonesia, 2013) yang dijelaskan pada table 4.4.

Table 4. 4 Parameter ukuran tubuh mahasiswa Indonesia di usia 21 – 25 tahun.

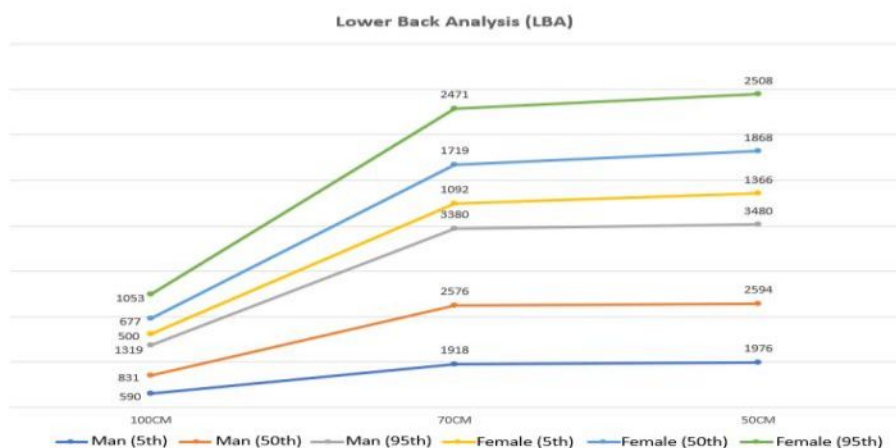
Nama Dimensi	Jenis kelamin	Nilai rata-rata	Deviasi Standar	5th	50th	95th
Tinggi tubuh (cm)	M	169.79	5.49	160.76	169.79	178.82
	F	153.64	6.22	143.41	153.64	163.87
Tinggi siku dalam posisi duduk (cm)	M	30,99	5.85	21.37	30.99	40.61
	F	22,96	3.5	17.21	22.97	28.72
Tinggi mata berdiri (cm)	M	158,80	5.7	149.43	158.8	168.18
	F	143,78	4.57	136.27	143.78	151.29
Panjang rentang tangan ke depan	M	72,21	18.53	41.73	72.21	102.7
	F	66,18	10.83	48.36	66.18	84

Ukuran tubuh mahasiswa Indonesia di usia 21 – 25 tahun pada table 1 digunan sebagai parameter model manusia untuk di simulasikan dengan konsep desain meja kerja pengelasan yang telah divalidasi. Parameter ketinggian desain meja kerja pengelasan ditentukan dengan 3 parameter yaitu 50 cm, 70 cm, dan 100 cm. sedangkan kemiringan meja kerja pengelasan dibuat tetap dengan parameter 30 derajat. Gambar 4 adalah lingkungan virtual pengujian simulasi model manusia dengan konsep desain meja kerja pengelasan yang telah divalidasi berdasarkan parameter yang telah ditentukan.



Gambar 4. 3 lingkungan virtual pengujian simulasi model manusia dengan konsep desain meja kerja pengelasan yang telah divalidasi.

Penilaian LBA pada gambar 4 dengan model manusia yang di simulasikan dengan konsep desain meja kerja pengelasan dilakukan menggunakan model manusia laki-laki dan Perempuan dengan presenting 5, 50, dan 95. Masing-masing persentil di analisis dengan ketentuan NIOSH, Dimana beban punggung pekerja dinilai dengan ketentuan minimum 500 N dan maksimum adalah 3480N. Gambar 5 menjelaskan hasil pengujian LBA pada model manusia menggunakan konsep desain meja kerja pengelasan yang diuji berdasarkan ketinggian meja yaitu 50 cm, 70 cm, dan 100 cm dengan kemiringan meja 30 derajat.



Gambar 4. 4 Hasil pengujian LBA pada model manusia menggunakan konsep desain meja kerja pengelasan

Hasil pengujian LBA pada gambar 5 menunjukkan konsep desain meja kerja pengelasan dengan parameter ketinggian yang berbeda di analisis bahwa tinggi meja mempengaruhi gaya yang bekerja pengelasan pada tulang punggung simulasi model manusia. Dimana, semakin tinggi meja kerja maka semakin kecil nilai LBA. Posisi pekerja dinilai lebih aman dan nyaman Ketika menggunakan meja pengelasan dengan ketinggian 100 cm. Namun, dengan ketinggian meja pengelasan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan postur pekerja akan mengurangi risiko kecelakaan dan memungkinkan meningkatkan kenyamanan pada pekerja pengelasan.

Analisis OWAS juga diidentifikasi terhadap postur kerja pada model manusia Ketika menggunakan konsep meja kerja pengelasan, Dimana penggunaan konsep meja kerja pengelasan di evaluasi berdasarkan ketinggian meja, dengan hasil analisis OWAS didapatkan masuk kategori kelas 2, yang artinya postur kerja Ketika menggunakan konsep meja kerja pengelasan yang dapat disesuaikan ketinggiannya mampu mengurangi risiko pada kerusakan sistem musculoskeletal. Setelah identifikasi OWAS didapatkan, selanjutnya dilakukan identifikasi pada penilaian Kenyamanan (CA) postur kerja model manusia, CA dilakukan dengan memberikan peringkat kenyamanan pada postur kerja yang disesuaikan dengan parameter yang diberikan pada pekerjaan pengelasan virtual. diidentifikasi CA dilakukan menggunakan parameter nilai kenyamanan pada Rumus (1). Tabel 2 merupakan hasil penilaian kenyamanan yang dilakukan pada model manusia menggunakan konsep desain meja kerja pengelasan

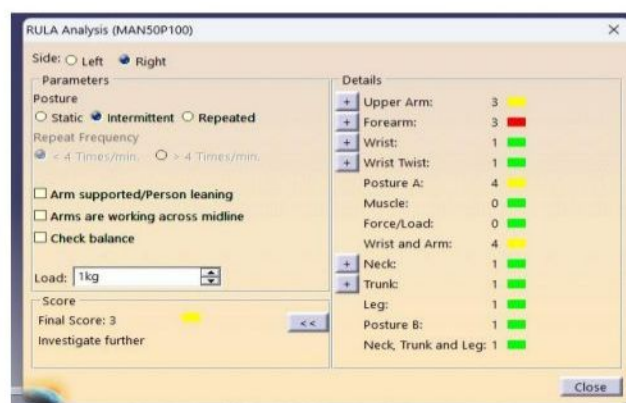
Table 4. 5 Hasil penilaian kenyamanan yang dilakukan pada model manusia

Tinggi Meja	Bagian Tubuh	L5	L50	L95	P5	P50	P95
50	Right Arm	0,29	0,30	0,31	0,26	0,27	0,29
	Right Forearm	0,20	0,21	0,22	0,17	0,19	0,20
	Right Hand	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Right Thigh	0,37	0,38	0,41	0,34	0,37	0,40
	Right Leg	0,39	0,41	0,44	0,37	0,38	0,39
	Right Foot	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
70	Right Arm	0,29	0,30	0,31	0,26	0,27	0,29
	Right Forearm	0,20	0,21	0,22	0,17	0,19	0,20
	Right Hand	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Right Thigh	0,37	0,38	0,41	0,34	0,37	0,40

	Right Leg	0,39	0,41	0,44	0,37	0,38	0,39
	Right Foot	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
100	Right Arm	0,30	0,30	0,31	0,26	0,27	0,29
	Right Forearm	0,21	0,21	0,22	0,17	0,19	0,20
	Right Hand	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Right Thigh	0,38	0,38	0,41	0,34	0,37	0,40
	Right Leg	0,41	0,41	0,44	0,37	0,38	0,39
	Right Foot	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11

Nilai kenyamanan pada table 2 dilakukan pada tubuh bagian kanan, karena simulasi pengelasan pada model manusia di lakukan menggunakan tangan kanan. Hasil penilaian nyaman didapatkan semakin rendah nilai kenyamanan yang dihitung, semakin mudah untuk merepresentasikan sambungan tersebut. dicari adalah bagian tubuh. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 2 didapatkan, pada postur kerja pengelasan, bagian tubuh yang mengalami reaksi tidak nyaman paling tinggi adalah paha kanan umumnya terasa tidak nyaman. Rasa tidak nyaman tersebut dirasakan oleh semua pekerja baik laki laki dan perempuan. Namun reaksi tidak nyaman tersebut masih ditoleransi karena nilai tersebut masih dibawah 1.

Identifikasi terhadap postur kerja pada simulasi juga lakukan untuk menilai RULA. Penilaian Rula dianalisis dengan simulasi pekerja pria dan wanita menggunakan persentil 5,50, dan 95 dengan ketinggian meja 50cm, 70cm, dan 100cm. system penilaian RULA pada software Catia V5 R21 dinilai berdasarkan score yang didapatkan dari system, Dimana, semakin tinggi skornya, semakin besar pengaruh postur terhadap sistem muskuloskeletal sendi ekstremitas atas. Gambar 6 merupakan contoh hasil penilaian rula yang di dapatkan dari software Catia V5 R21



Gambar 4. 5 Contoh hasil penilaian rula yang di dapatkan dari software Catia V5 R21

Hasil penilaian rula yang di dapatkan dari software Catia V5 R21 pda gambar 6 kemudian di rekapitulasi berdasarkan parameter pengujian yang telah direncanakan. Score rula di identifikasi jika nilai rula diatas 4 maka perlu perbaikan segera terhadap design meja kerja pengelasan terhadap postur tubuh. simulasi menggunakan model manusi digital memberikan rekomendasi terhadap konsep desain meja pengelasan melalui perbaikan apa yang harus dilakukan untuk meminimalisir ketidaknyamanan dan kecelakaan kerja. Table 3 merupakan hasil rekapitulasi penilaian RULA dengan menggunakan konsep meja kerja pengelasan menggunakan paremeter pengujian yang telah di rencanakan.

Table 4. 6 hasil rekapitulasi penilaian RULA dengan menggunakan konsep meja kerja pengelasan

TINGGI MEJA	RULA LAKI LAKI			RULA PEREMPUAN		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
50 cm	6	7	7	5	6	7
70 cm	4	3	3	5	3	4
100 cm	3	3	3	3	3	3

Hasil rekapitulasi penilaian RULA dengan menggunakan konsep meja kerja pengelasan pada table 3 didapatkan penggunaan meja pengelasan dengan ketinggian 50 cm yang kurang sesuai dengan simulasi postur kerja pengelasan. Namun, ketinggian meja yang dapat disesuaikan dapat menyesuaikan kebutuhan postur pekerja, yang ditunjukkan Ketika ketinggian meja di naikkan didapatkan hasil RULA dengan Tingkat kenyamanan yang sesuai dengan rekomnedasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Beberapa konsep produk diidentifikasi menggunakan beberapa penilaian sehingga didapatkan alternatif konsep desain I dengan spesifikasi produk yang menjadi parameter adalah Meja kerja pengelasan dapat disesuaikan secara langsung, Penjempit komponen pengelasan di buat secara permanen, Langkah penggunaan manual tanpa alat bantu set up, Kemiringan meja dapat disesuaikan sudut kemiringannya, dan ketinggian meja dapat disesuaikan menggunakan sistem ulir. Dari konsep meja pengelasan yang dipilih, selanjutnya meja pengelasan di simulasikan menggunakan software Solidwork dan catia V5 R21. Simulasi pengujian dilakukan dengan kriteria postur tubuh mahasiswa Indonesia dikatogirakan berumur 21 tahun sampai dengan 25 tahun.
2. Hasil Simulasi pengujian didapatkan nilai LBA dari model manusia adalah parameter ketinggian meja yang berbeda mempengaruhi gaya tulang punggung pada model operator pengelasan dan posisi pekerja dinilai lebih aman dan nyaman Ketika menggunakan meja pengelasan dengan ketinggian 100 cm. Hasil analisis OWAS didapatkan masuk kategori kelas 2, yang artinya postur kerja ketika menggunakan konsep meja kerja pengelasan yang dapat disesuaikan ketinggiannya mampu mengurangi risiko pada kerusakan sistem musculoskeletal. Identifikasi penilaian Kenyamanan (CA) pada postur kerja model manusia didapatkan bahwa dengan menggunakan konsep meja kerja pengelasan yang dapat disesuaikan mampu meningkatkan kenyamanan bekerja. Hasil rekapitulasi penilaian RULA dengan menggunakan konsep meja kerja pengelasan didapatkan penggunaan meja pengelasan dengan ketinggian 50 cm dianggap kurang sesuai pada postur kerja pengelasan, namun meja meja kerja pengelasan dapat diseuaikan lagi ketinggian meja dengan mempertimbangkan postur kerja pengelasan.

B. Saran

1. Perlu dilakukan perhitungan biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan produk supaya perbandingan material dan usulan lebih jauh lebih akurat.
2. Penelitian ini perlu dijadikan pertimbangan agar nilai ergonomis dalam perancangan produk dapat mengurangi resiko cedera pada operator.

DAFTAR PUSTKA

- Abbas, J., Hamoud, K., May, H., Hay, O., Medlej, B., Masharawi, Y., Peled, N., & Hershkovitz, I. (2010). Degenerative lumbar spinal stenosis and lumbar spine configuration. *European Spine Journal*, 19(11), 1865–1873. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1516-5>
- Abele, E., Metternich, J., & Tisch, M. (2019). Learning Factories. In *Learning Factories*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4>
- Arum, A. U., Andira, M. H., Raihan, M., Syafa Kamila, N., Chairunnisaa, S., Ramadhany, N., Pringgo, D., & Laksono, W. (2022). *Perancangan Alat Bantu Welding Lengan Meja dan Pipa Bawah dengan Pendekatan DFMA (Study Case: PPTI II Teknik Industri UNS)*.
- Bell, S. (2009). *Experimental Design*.
- Cachay, J., Wennemer, J., Abele, E., & Tenberg, R. (2012). Study on Action-Oriented Learning with a Learning Factory Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 1144–1153. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.608>
- Chiang, J., Stephens, A., & Potvin, J. (2006). Retooling jack's static strength prediction tool. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2006-01-2350>
- Diego-Mas, J. A., & Alcaide-Marzal, J. (2014). Using Kinect™ sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied Ergonomics*, 45(4), 976–985. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.12.001>
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2001). *Ergonomics for Beginners: A quick reference guide, Second edition*.
- Farida, I., & Setiawan, D. (2022). Business Strategies and Competitive Advantage: The Role of Performance and Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/joitmc8030163>
- Frey, D. D., Herder, P. M., Wijnia, Y., Subrahmanian, E., Katsikopoulos, K., & Clausing, D. P. (2009). The Pugh Controlled Convergence method: Model-based evaluation and implications for design theory. *Research in Engineering Design*, 20(1), 41–58. <https://doi.org/10.1007/s00163-008-0056-z>
- Gao, K., Du, J., Ding, R., & Zhang, Z. (2023). Lumbar spinal loads and lumbar muscle forces evaluation with various lumbar supports and backrest inclination angles in driving posture. *European Spine Journal*, 32(2), 408–419. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07446-x>

- Ghosh, S., Bagchi, A., Sen, D., & Bandyopadhyay, P. (2011). Ergonomics: A bridge between fundamentals and applied research. In *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine* (Vol. 15, Issue 1, pp. 14–17). <https://doi.org/10.4103/0019-5278.83000>
- Grzybowska, K. (2010). *An OWAS-based Analysis of Storekeeper Workloads*. <https://www.researchgate.net/publication/251423149>
- Hartono, M. (2018). Indonesian anthropometry update for special populations incorporating Drillis and Contini revisited. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 64, 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.01.004>
- Iqbal, B. M., Moeis, A. O., & Krissalam, R. (2017a). An analysis of the ergonomic design of the Tactical Commander Console (TACCO) In the virtual environment of medium-range twin-engine Maritime Patrol Aircraft (MPA). *International Journal of Technology*, 8(6), 1097–1107. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v8i6.704>
- Iqbal, B. M., Moeis, A. O., & Krissalam, R. (2017b). An analysis of the ergonomic design of the Tactical Commander Console (TACCO) In the virtual environment of medium-range twin-engine Maritime Patrol Aircraft (MPA). *International Journal of Technology*, 8(6), 1097–1107. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v8i6.704>
- Irwanto, A. (2016). PERANCANGAN ALAT BANTU FASILITAS KERJA OPERATOR LAS DENGAN PRINSIP ERGONOMI DAN KONSEP VALUE ENGINEERING. *Jurnal MATRIK*, XVI(2), 55–67. <https://doi.org/10.30587/matrik>
- Kamarudin, N. H., Ahmad, S. A., Hassan, Mohd. K., Mohd Yusuff, R., & Md Dawal, S. Z. (2013). A Review of the NIOSH Lifting Equation and Ergonomics Analysis. *Advanced Engineering Forum*, 10, 214–219. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/aef.10.214>
- Kwon, Y. J., Kim, D. H., Son, B. C., Choi, K. H., Kwak, S., & Kim, T. (2022). A Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) Risk-Assessment System Using a Single-View Pose Estimation Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph19169803>
- Latip, S. N. N. A., Latip, M. S. A., Tamrin, M., & Nawati, M. Z. M. (2022). *The Perspective of Work Ergonomics on Employee Task Performance in Hotel and Tourism Industry, Malaysia*. 7. <https://doi.org/10.3390/proceedings2022082007>
- Lins, C., & Hein, A. (2022). Classification of body postures using smart workwear. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05821-9>
- Löfqvist, L., Chafí, M. B., Osvalder, A. L., Bligård, L. O., & Pinzke, S. (2012). Ergonomic evaluation of long-shafted tools used in horse stables: the effects of shaft length variation

- and work technique on working posture. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 1(3), 298. <https://doi.org/10.1504/ijhfe.2012.050872>
- Lusi, E., Hilma, S., Zadry, R., & Yuliandra, B. (2015). *PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI*.
- Mahesa, R. R., Vinodkumar, M. N., & Neethu, V. (2017). Modeling the influence of individual and employment factors on musculoskeletal disorders in fabrication industry. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 27(2), 116–125. <https://doi.org/10.1002/hfm.20696>
- Marzano, A., McKeefry, R. P., & Falzon, B. G. (2017). A Highly Efficient Ergonomic Approach for the Bonded Repair of Composite Aerostructures Utilising a Virtual Environment. *Procedia CIRP*, 62, 21–26. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.083>
- Mohammadi, H., Rodríguez, Y., Zarei, E., & Pouyakian, M. (2022). *Cybergonomics: Proposing and justification of a new name for the ergonomics of Industry 4.0 technologies*.
- Mohammed Elmardi Suleiman Khayal, O. (2019). *HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11156.86404>
- Nedohe, K., Mpofo, K., & Makinde, O. (2023). Assessment of Ergonomics Risk Experienced by Welding Workers in a Rail Component Manufacturing Organization. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 227–236. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18326-3_23
- Panjaitan, N., & Ali, A. Y. Bin. (2019). Clasification of ergonomics levels for research. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012040>
- penghimpun ergonomi indonesia. (2013). *Rekap Data Antropometri Indonesia*. Http://Www.Antropometriindonesia.Org/Index.Php/Detail/Artikel/4/10/Data_antropometri.
- Polášek, P., Bureš, M., & Šimon, M. (2015). Comparison of digital tools for ergonomics in practice. *Procedia Engineering*, 100(January), 1277–1285. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.494>
- Rahmah, K. S., Martiana, T., & Bagus Qomaruddin³, M. (2016). Ergonomics Analysis of Blanket Lifting Technique Using Posture Evaluation Index Method in Virtual Environment. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)*, 2(5). www.ijaems.com
- Rentzos, L., Doukas, M., Mavrikios, D., Mourtzis, D., & Chryssolouris, G. (2014). Integrating manufacturing education with industrial practice using teaching factory paradigm: A

- construction equipment application. *Procedia CIRP*, 17, 189–194.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.126>
- Sarkar, K., Dev, S., Das, T., Chakrabarty, S., & Gangopadhyay, S. (2016). Examination of postures and frequency of musculoskeletal disorders among manual workers in Calcutta, India. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 22(2), 151–158.
<https://doi.org/10.1080/10773525.2016.1189682>
- Stanton, N. A. (Neville A. (2005). *Handbook of human factors and ergonomics methods*. CRC Press.
- Sypniewska, B., Baran, M., & Kłos, M. (2023). Work engagement and employee satisfaction in the practice of sustainable human resource management – based on the study of Polish employees. *International Entrepreneurship and Management Journal*.
<https://doi.org/10.1007/s11365-023-00834-9>
- Wynn, D. C., & Clarkson, P. J. (2018). Process models in design and development. *Research in Engineering Design*, 29(2), 161–202. <https://doi.org/10.1007/s00163-017-0262-7>

Lampiran 1 publikasi

Engineering and Applied Science Research 🔔 👤

← Back to Submissions

255846 / Eko wahyu Abryandoko et al. / Digital human modeling as evaluation and design of welding workbenches for students' pra Library

Workflow **Publication**

Submission

Submission Files 🔍 Search

954800	EASR+Template+2022.docx	February 27, 2024	Article Text
--------	-------------------------	-------------------	--------------

[Download All Files](#)

Pre-Review Discussions [Add discussion](#)

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
No Items				

Privacy policy

% International Collaboration

Year	%
2017	23
2018	23
2019	35
2020	34
2021	22
2022	22

Citable documents / Non-citable documents

Year	Count
2017	0
2018	45
2019	90
2020	115
2021	135
2022	170

Cited documents / Uncited documents

Year	Total Count
2017	0
2018	45
2019	90
2020	115
2021	135
2022	170

Engineering and Applied Science Research

Q3 Engineering (miscellaneous) best quartile

SJR 2022 **0.21**

powered by scimagojr.com

Show this widget in your own website

Just copy the code below and paste within your html code:

```
<a href="https://www.scimagojr.com">
```

SCImago Graphica

Explore, visually communicate and make sense of data with our [new data visualization tool](#).

Metrics based on Scopus® data as of April 2023