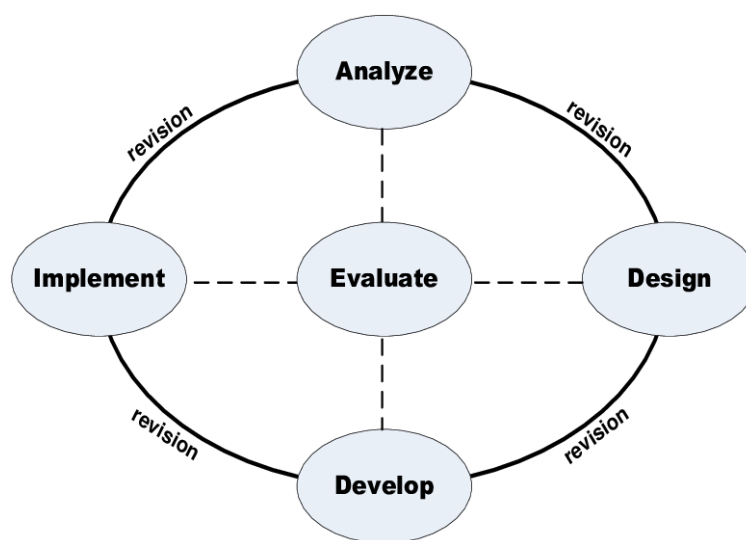


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian *research and development*. Penelitian *research and development* akan berfokus untuk mengembangkan suatu produk yang ada lalu diuji seberapa efektif atau pengaruh dari perkembangan tersebut (Latip, 2022). Desain penelitian *research and development* memiliki beberapa model, salah satunya adalah model *ADDIE* yang diturunkan dari metode *4D* yang biasa digunakan dalam penelitian *research and development* (Latip, 2022). Langkah-langkah dari metode *ADDIE* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Model *ADDIE*
(Sumber : Latip, 2022)

3.1.1 Analisis (*Analyze*)

Tahap analisis digunakan peneliti untuk mendapatkan data-data pada awal penelitian sebelum merancang sesuatu yang akan dikembangkan (Latip, 2022). Dalam penelitian ini, proses analisis meliputi pengukuran tinggi badan sampel dan pengukuran ukuran antropometri sebagai acuan awal dalam proses merancang meja las ergonomis.

Selain pengukuran pada ukuran tubuh sampel seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 06, peneliti juga melakukan analisis terhadap rancangan meja las ergonomis pada penelitian sebelumnya. Analisis pada rancangan sebelumnya akan memberikan data mengenai poin positif dan negatif rancangan sebelumnya seperti yang ditunjukkan Tabel 2.2.

3.1.2 Desain (*Design*)

Proses desain meja las ergonomis dilakukan dengan data antropometri yang didapatkan dari proses analisis sebagai acuan ukurannya (Latip, 2022). Proses desain meja las ergonomis menggunakan *software* INVENTOR. Hasil desain dapat terlihat pada Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

3.1.3 Pengembangan (*Development*)

Pengembangan dalam model *ADDIE* memiliki arti bahwa meja las ergonomis dikembangkan kembali setelah melalui penilaian atau validasi dari ahli yang terlibat (Latip 2022). Berdasarkan hasil evaluasi dari validator, meja las ergonomis akan direvisi dan dikembangkan sebelum memasuki tahapan penerapan terhadap sampel penelitian yang terlibat.

3.1.4 Penerapan (*Implement*)

Proses penerapan atau implementasi dilakukan kepada siswa kelas XI jurusan Teknik Mesin. Implementasi dilakukan dengan ketentuan bahwa sampel melakukan pengelasan menggunakan kedua meja las yang berbeda yaitu meja las konvensional dan meja las ergonomis.

3.1.5 Evaluasi (*Evaluate*)

Proses evaluasi pada model *ADDIE* terjadi pada setiap tahapannya sebagai evaluasi yang bersifat formatif. Proses evaluasi yang terjadi pada setiap tahapnya bertujuan untuk memperbaiki kesalahan. Evaluasi formatif mencegah perbaikan yang perlu dilakukan agar tidak menumpuk dan proses penelitian dapat berjalan secara sistematis.

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi merupakan suatu kolam dari sampel atau objek yang diteliti dan didalamnya memiliki beberapa karakteristik yang diperlukan oleh peneliti dan dapat dipilih serta dipilah oleh peneliti sebelum dijadikan sampel (Subhaktiyasa, 2024). Sedangkan sampel adalah (Subhaktiyasa, 2024).

3.3.1 Populasi Penelitian

Dalam praktik pengelasan, siswa yang dapat terlibat dengan penelitian merupakan siswa yang sudah melaksanakan praktikum pengelasan dasar dan terlibat atau memiliki jurusan yang linear (Yusmina & Hasanah, 2021). Pemilihan siswa dengan jurusan yang linear dan terbiasa atau pernah melakukan pengelasan memiliki alasannya tersendiri. Berdasarkan Lampiran 01 dan Lampiran 02, siswa pada tingkat kelas XI berjumlah 70 siswa. Pemilihan siswa kelas XI terbatas terhadap dua alasan utama, alasan pertama dikarenakan kelas X dan XII sedang tidak berada pada jadwal pembelajaran di *workshop*. Sedangkan alasan kedua adalah karena kelas XI tengah mempelajari pengelasan ke arah yang lebih lanjut setelah mempelajari pengelasan dasar.

3.3.2 Perhitungan Ukuran Sampel

Dalam pengambilan sampel dalam penelitian, tidak hanya jumlah populasi yang diperhatikan, tapi konteks penelitian perlu diperhatikan agar data yang dihasilkan lebih merepresentasikan keseluruhan populasi (Lakens, 2022). Pada Tabel 3.1, dapat terlihat jenis justifikasi yang dapat diterapkan ketika menarik jumlah sampel dari total populasi.

Tabel 3.1 Justifikasi Penarikan Sampel

Jenis Justifikasi	Keterangan
Mengukur seluruh populasi	Peneliti dapat menentukan seluruh populasi, populasinya terbatas, dan memungkinkan untuk mengukur (hampir) setiap entitas dalam populasi tersebut.

Jenis Justifikasi	Keterangan
Keterbatasan sumber daya	Keterbatasan sumber daya (dalam konteks apapun) dapat dijadikan alasan utama dalam pemilihan ukuran sampel yang dapat dikumpulkan oleh peneliti.
Akurasi	Pertanyaan penelitian berfokus pada besaran suatu parameter, dan peneliti mengumpulkan data yang cukup untuk memiliki estimasi dengan tingkat akurasi yang diinginkan.
Analisis kekuatan a-priori	Pertanyaan penelitian bertujuan untuk menguji apakah ukuran efek tertentu dapat ditolak secara statistik dengan kekuatan statistik yang diinginkan.
Heuristik	Peneliti memutuskan ukuran sampel berdasarkan heuristik, aturan umum, atau norma yang dijelaskan dalam literatur atau dikomunikasikan secara lisan (verbal).
Tanpa justifikasi	Peneliti tidak memiliki alasan untuk memilih ukuran sampel tertentu, atau tidak memiliki tujuan inferensial yang jelas dan ingin mengkomunikasikan hal ini secara jujur.

(Sumber : Lakens, 2022)

Penelitian ini memenuhi syarat justifikasi keterbatasan sumber daya dan dalih akurasi untuk bisa dijustifikasi jumlah sampelnya. Akurasi dibutuhkan dalam penelitian ergonomis terkhususnya penelitian mengenai *REBA* yang dimana penilaian pada satu sampel memiliki intensitas yang cukup tinggi. Selain berdasarkan kepada justifikasi penarikan sampel, jumlah sampel yang sedikit ketika membahas mengenai penelitian ergonomis dapat terlihat pada penelitian terdahulu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hignett & McAtamney mengenai *REBA* dan ergonomis, jumlah 14 sampel sudah cukup untuk penelitian yang memiliki topik tersebut. Meskipun dengan menarik sampel yang banyak dapat meminimalisir kesalahan dalam penarikan data, *REBA* lebih baik dilaksanakan pada sampel yang kecil dengan akurasi data yang tinggi (Hignett & McAtamney, 2000).

Dikarenakan dua dasar tersebut, peneliti memutuskan untuk mengambil 14 sampel dari total populasi yang berjumlah 70 siswa. Penarikan sampel juga tetap mengedepankan kaidah bahwa sampel harus tetap mewakili keseluruhan populasi. Jumlah 14 sampel yang ditarik mewakili tujuh segmen tinggi badan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.2.

Perhitungan sampel di setiap segmennya kemungkinan tidak akan menghasilkan angka yang bulat. Salah satu contoh yang dapat ditelaah adalah proses pengambilan sampel dari segmen ketinggian 160 Cm. Dengan memanfaatkan rumus *Proportional Random Sampling*, hasil perhitungan rumus (1) mengenai perwakilan segmen 160 Cm adalah 0,6. Hasil desimal dari perhitungan akan dibulatkan ke angka terdekat sesuai dengan kaidah pembulatan.

$$n_h = (N_h / N) \times n \dots \dots \dots (1)$$

(Sumber : Rahman et al., 2022)

- n_h = Jumlah sampel dari suatu segmen atau golongan
 N_h = Jumlah populasi dari suatu segmen atau golongan
 N = Total populasi
 n = Banyaknya sampel yang diinginkan

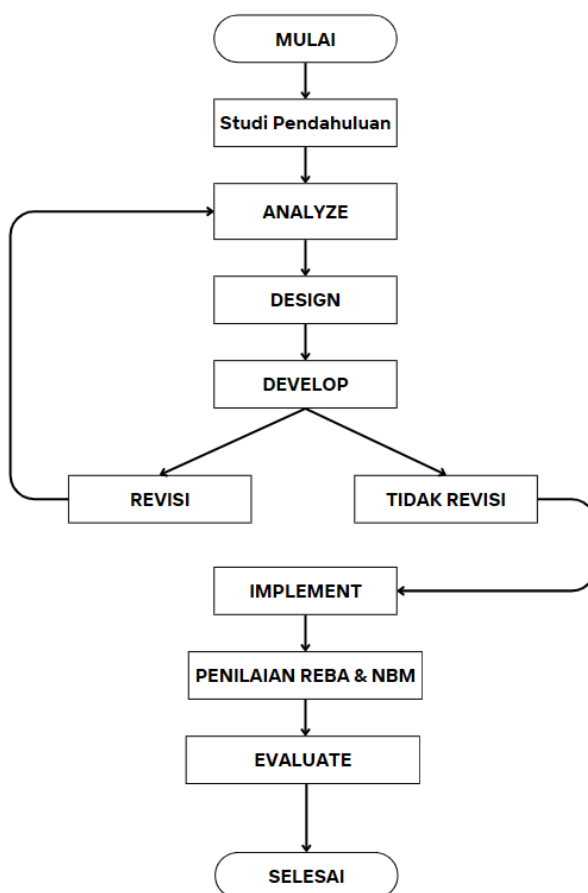
Data pada Tabel 3.2 menunjukkan jumlah perwakilan di setiap segmennya dengan jumlah yang proporsional. Jumlah perwakilan di setiap segmennya memenuhi jumlah total yang sesuai untuk merepresentasikan keseluruhan populasi. Dengan jumlah 14 sampel dari jumlah 70 siswa sebagai populasi dan perhitungan dengan *Proportional Random Sampling*, dapat menjadi dasar solid bahwa rumus telah digunakan dengan benar. Tiap segmen diwakili dengan jumlah yang tidak terlalu banyak dan tidak terlalu sedikit.

Tabel 3.2 Penarikan Sampel Keseluruhan Segmen

Kelompok (Tinggi Badan)	Jumlah Siswa	Jumlah Perwakilan
160 cm	3	1
163 cm	8	2
165 cm	11	2
168 cm	15	3
169 cm	16	3
170 cm	12	2
175 cm	5	1
Jumlah Sampel Penelitian		14

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dijalankan pada penelitian ini berlangsung seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.2. Sesuai dengan model *ADDIE*, jika setelah *DEVELOP* masih ada revisi dari validator, maka proses akan mengulang ke proses *ANALYZE* untuk menganalisis revisi yang diberikan dan diterapkan solusinya kepada meja las ergonomis.



Gambar 3.2 Prosedur Penelitian

3.4 Instrumen Penelitian

Penelitian kuantitatif didukung oleh data yang dikumpulkan dengan cara yang benar serta pengumpulan data tersebut tidak akan terjadi tanpa bantuan alat yang mumpuni, berfungsi dengan baik atau bahkan tervalidasi, alat tersebut dapat disebut sebagai instrumen penelitian (Syahroni, 2022). Dalam penelitian ini, peneliti

menggunakan tiga instrumen untuk mengumpulkan data, instrumen-instrumen yang dimaksud adalah lembar observasi antropometri, lembar observasi *REBA* dan kusioner *NBM*.

3.4.1 Lembar Observasi Antropometri

Menentukan ukuran yang sesuai perlu memperhitungkan golongan terbesar dan terkecil agar ukuran tersebut dapat mengakomodasi seluruh kalangan sampel (Muis et al., 2022). Dalam konteks ini, golongan terbesar dan terkecil memiliki maksud untuk membatasi ukuran yang akan diterapkan. Kombinasi antropometri dalam perancangan meja las ini berarti ukuran meja las akan mengikuti antropometri calon pengguna. Pada Tabel 3.3, terlihat empat ukuran yang dibutuhkan dalam merancang ukuran meja las ergonomis yang proporsional untuk calon pengguna.

Tabel 3.3 Kisi-Kisi Lembar Observasi Antropometri

Antropometri	Keterangan
TSB (Tinggi Siku Berdiri)	Ukuran yang didapatkan dengan cara mengukur individu dari ujung kaki hingga siku
PS (Panjang Siku)	Ukuran yang didapatkan dengan cara mengukur individu dari ujung siku ke ujung siku lainnya
BGT (Bahu Genggaman Tangan)	Ukuran yang didapatkan dengan cara mengukur individu dari titik bahu hingga ujung jari tengah
TP (Tinggi Pinggul)	Ukuran yang didapatkan dengan cara mengukur individu dari ujung kaki hingga area pinggul

(Sumber : Muis et al., 2022)

Semua ukuran yang perlu diukur tersebut memegang peranan penting untuk ukuran meja las. Rata-rata dari ukuran TSB akan menentukan batas atas tinggi meja las pada keadaan *default height*. Rata-rata dari ukuran PS akan menentukan panjang dari meja las ergonomis. Rata-rata ukuran BGT akan menentukan lebar dari meja las ergonomis dan rata-rata tinggi pinggul akan menentukan batas bawah dari ketinggian meja las dalam keadaan *default height*.

3.4.2 Lembar Observasi *REBA*

Pada Tabel 3.4, semua data yang tercantum akan didapatkan dari sampel ketika peneliti melakukan observasi secara langsung. Tinggi sampel hingga tinggi meja perlu diketahui sebagai data yang akan menunjukkan bahwa setiap sampelnya akan memiliki preferensinya tersendiri mengenai tinggi meja las yang sesuai.

Tabel 3.4 Kisi-Kisi Lembar Observasi *REBA*

Data Tercantum	Penjelasan
Nama Siswa	Memiliki tujuan untuk memisahkan data yang dihasilkan satu siswa dengan siswa lainnya atau meminimalisir tertukarnya data
Kelas	Sebagai validasi bahwa siswa yang berpartisipasi dalam penelitian memiliki jurusan yang linear
Tinggi Badan	Untuk mengklasifikasi siswa terhadap segmentasi tinggi badan yang telah diperoleh pada penelitian pendahuluan
Tinggi Meja Las	Tinggi meja las konvensional (yang digunakan di sekolah) akan disandingkan dengan meja las ergonomis yang dirancang peneliti. Perbedaan ketinggian meja las akan tertera pada data ini.
<i>Slot Foto Neck Adjustment</i>	Untuk membandingkan posisi leher siswa ketika menggunakan kedua meja las yang berbeda.
<i>Slot Foto Trunk Adjustment</i>	Untuk membandingkan posisi tubuh bagian atas siswa ketika menggunakan kedua meja las yang berbeda.
<i>Slot Foto Leg Adjustment</i>	Untuk membandingkan posisi kaki siswa ketika menggunakan kedua meja las yang berbeda.
<i>Slot Foto Arm Adjustment</i>	Untuk membandingkan posisi lengan siswa ketika menggunakan kedua meja las yang berbeda.
<i>Slot Foto Wrist Adjustment</i>	Untuk membandingkan posisi pergelangan tangan siswa ketika menggunakan kedua meja las yang berbeda.
<i>Slot Foto Overall Body Adjustment</i>	Untuk membandingkan dan mengklasifikasikan keseluruhan posisi

Data Tercantum	Penjelasan
	tubuh ketika menggunakan kedua meja las yang berbeda

Mengenai data *slot* foto akan diisi dengan foto yang telah diperiksa sebelumnya dan dianalisis sudutnya seperti yang terlihat pada Gambar 3.3. Foto dari sampel akan diambil dan digambarkan garis imajiner lalu akan diukur sudutnya secara manual untuk menentukan klasifikasi posisi.



Gambar 3.3 Position Measurement
(Sumber : Komarudin & Towip, 2022)

3.4.3 Kuisiener *Nordic Body Map*

Kuisiener NBM dapat digunakan untuk mengetahui pengalaman yang dialami oleh sampel selama penelitian yang melibatkan aktivitas fisik berlangsung, data kuisiener itu sendiri dapat dijadikan oleh peneliti sebagai acuan untuk memperbaiki instrumen yang digunakan agar dapat mengurangi resiko dari terbebannya tubuh sampel (Bhirawa et al., 2024).

Rivaldi Firmansyah, 2025

RANCANG BANGUN MEJA LAS SEBAGAI SARANA UNTUK MENINGKATKAN ASPEK ERGONOMIS SISWA SMK DALAM MELAKUKAN PRAKTIK PENGELASAN POSISI UNDERHAND
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 3.5 Kisi-Kisi Kuisioner *NBM*

Pertanyaan	Data yang Dibutuhkan
Nama Sampel	Untuk membedakan data yang dihasilkan kuisioner <i>NBM</i> dari satu sampel ke sampel lainnya
Apakah meja las ergonomis dapat disesuaikan dengan tinggi anda?	Jawaban sampel akan menjadi informasi apakah meja las ergonomis dapat menyesuaikan dengan tinggi badan sampel (Untuk mencari segmen tinggi badan yang lebih terpengaruh)
Ketika menggunakan meja las konvensional, bagian tubuh mana yang merasakan rasa sakit? ➤ Leher ➤ Bahu ➤ Lengan ➤ Punggung ➤ Pinggang ➤ Pinggul ➤ Paha ➤ Betis ➤ Pergelangan kaki ➤ Telapak kaki	Jawaban sampel akan memberikan informasi di bagian mana sampel merasakan sakit ketika melaksanakan proses pengelasan dengan meja las konvensional.
Dari skala 1 hingga 5, tuliskan bagian tubuh yang terasa sakit beserta tingkatan rasa sakit yang dirasakan!	Jawaban sampel menunjukkan tingkatan rasa sakit yang dirasakan ketika menggunakan meja las konvensional ketika proses pengelasan. Sampel memiliki kebebasan untuk mengisi beberapa bagian tubuh yang terasa sakit sebagai respon karena jawaban tidak dibatasi.
Ketika menggunakan meja las ergonomis, bagian tubuh mana yang merasakan rasa sakit? ➤ Leher ➤ Bahu ➤ Lengan ➤ Punggung ➤ Pinggang ➤ Pinggul ➤ Paha ➤ Betis ➤ Pergelangan kaki ➤ Telapak kaki	Jawaban sampel akan memberikan informasi di bagian mana sampel merasakan sakit ketika melaksanakan proses pengelasan dengan meja las ergonomis. Bagian yang terasa sakit seharusnya berkurang jika dibandingkan dengan saat menggunakan meja las konvensional.

Pertanyaan	Data yang Dibutuhkan
Dari skala 1 hingga 5, tuliskan bagian tubuh yang terasa sakit beserta tingkatan rasa sakit yang dirasakan!	Jawaban sampel menunjukkan tingkatan rasa sakit yang dirasakan ketika menggunakan meja las ergonomis ketika proses pengelasan. Seharusnya rasa sakit yang dirasakan berkurang ketika menggunakan meja las ergonomis.

(Sumber : Bhirawa et al., 2024)

Data yang perlu dikumpulkan tercantum pada Tabel 3.5 mencakup kesesuaian ketinggian meja las, bagian tubuh yang merasakan sakit hingga skala sakit yang dirasakan. Melalui angket terbuka, sampel dapat memberikan jawaban yang fleksibel mengenai bagian tubuh yang merasakan rasa sakit beserta tingkatan sakitnya. Data-data tersebut dibutuhkan untuk penilaian yang akan ditentukan *NBM* mengenai efektivitas penggunaan meja las ergonomis.

Penggunaan angket terbuka untuk kuisiner *Nordic Body Map* juga memungkinkan sampel untuk menunjukkan bahwa beberapa bagian tubuh dapat merasakan rasa sakit ketika melakukan proses pengelasan dengan posisi tidak ergonomis. Metode angket terbuka ini memberikan fleksibilitas bagi responden untuk mengekspresikan keluhan yang dirasakan secara lebih detail dan spesifik. Tingkatan rasa sakit juga akan memberikan data yang variatif kepada data *Nordic Body Map* yang dikumpulkan. Variasi intensitas nyeri ini penting untuk mengindikasikan tingkat keparahan gangguan muskuloskeletal yang dialami oleh pekerja las. Tidak menutup kemungkinan bahwa satu sampel dengan sampel lainnya merasa sakit di bagian tubuh yang sama dengan tingkat rasa sakit berbeda.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Data primer dibutuhkan dalam sebuah penelitian dikarenakan data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung melalui sumber utama penelitian, data ini bersifat murni dari sumber utama penelitian tanpa campur tangan sumber lainnya (Syahroni, 2022).

Pada Tabel 3.6, dapat terlihat bahwa proses pengumpulan data terjadi dalam tiga segmen yang berbeda yang diawali dengan pengumpulan data ketika awal penelitian hingga pengumpulan data ketika proses pengelasan telah selesai. Setiap

Rivaldi Firmansyah, 2025

RANCANG BANGUN MEJA LAS SEBAGAI SARANA UNTUK MENINGKATKAN ASPEK ERGONOMIS SISWA SMK DALAM MELAKUKAN PRAKTIK PENGELASAN POSISI UNDERHAND

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

tahapan pengumpulan data saling berkesinambungan agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

Tabel 3.6 Teknik Pengumpulan Data

No.	Tahapan	Keterangan
1	Awal Penelitian	Tujuan : Mendapatkan data antropometri Instrumen : Lembar observasi antropometri Aspek yang diamati : ➤ Panjang Tinggi Siku Berdiri ➤ Panjang Siku ➤ Panjang Bahu Genggaman Tangan ➤ Panjang Tinggi Pinggul Alat lainnya : Meteran Prosedur : ISO 15535 Antropometri Jumlah sampel : 14 sampel
2	Pengumpulan Data <i>REBA</i>	Tujuan : Mendapatkan data <i>REBA</i> Instrumen : Lembar observasi <i>REBA</i> Aspek yang diamati : ➤ Posisi sampel dalam melakukan pengelasan ➤ Kesesuaian tinggi meja las ergonomis ➤ Posisi leher ketika melakukan pengelasan ➤ Posisi tubuh bagian atas ketika melakukan pengelasan ➤ Posisi lengan ketika melakukan pengelasan ➤ Posisi kaki ketika melakukan pengelasan ➤ Posisi pergelangan tangan ketika melakukan pengelasan Alat lainnya : Kamera Jumlah sampel : 14 sampel
3	Pengumpulan Data <i>NBM</i>	Tujuan : Mendapatkan data <i>NBM</i> Instrumen : Angket terbuka <i>NBM</i> Aspek yang diamati : ➤ Bagian tubuh yang merasa sakit ketika proses pengelasan berlangsung ➤ Tingkatan rasa sakit terhadap bagian tubuh yang merasakannya ➤ Kesesuaian meja las ergonomis secara fitur dan ukuran ➤ Kenyamanan ketika menggunakan meja las ergonomis Jumlah sampel : 14 sampel

Pada setiap tahapan pengumpulan data, peneliti melakukan prosesnya dengan teliti dan dilakukan secara bertahap dikarenakan data-data primer tersebut memegang peranan penting terhadap penelitian ini. Data antropometri akan menentukan ukuran meja las yang sesuai dengan calon pengguna, jika ukuran antropometri diukur dengan cara yang salah, maka akan mempengaruhi data lainnya.

Data sekunder atau data tambahan seperti nama dan tinggi badan sampel akan berperan sebagai pembeda atau pemisah data yang dihasilkan suatu sampel dari sampel lainnya. Data sekunder tetap ada pada setiap tahapan pengumpulan data dikarenakan alasan tersebut dan dikarenakan data didapatkan di tiap tahapannya akan berpengaruh terhadap penilaian akhir.

3.6 Analisis Data

Dalam penelitian kuantitatif, analisis data dapat dimanfaatkan untuk meneliti hubungan diantara variabel yang ada pada sebuah penelitian. Hubungan tersebut dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan peneliti dan cara analisis data juga dipengaruhi oleh hubungan antar variabel (Syahroni, 2022). Dalam penelitian ini, data yang dianalisis adalah perbedaan rasa sakit yang dirasakan ketika memakai meja las konvensional dan meja las ergonomis. Selain data mengenai rasa sakit yang dirasakan, peneliti juga menganalisis data mengenai perubahan postur pada saat proses pengelasan. Untuk mengetahui data-data tersebut peneliti memanfaatkan *google form* dan panduan *REBA*.

3.6.1 Analisis Data Awal Penelitian

Memanfaatkan *Google Form*, data-data yang diperoleh peneliti pada pengumpulan data di tahap awal penelitian meliputi data tentang nama, tinggi badan & antropometri, serta pengalaman/riwayat penyakit yang dialami oleh sampel. Platform *Google Form* dipilih karena kemudahan akses, efisiensi dalam pengumpulan data, dan kemampuan untuk mengorganisir respons secara otomatis dalam format yang terstruktur. Data-data tersebut memegang peranan penting untuk

proses penelitian karena akan menjadi dasar dalam tahap analisis dan interpretasi hasil penelitian selanjutnya.

Data mengenai nama sampel akan berfungsi sebagai identifikasi unik untuk membedakan data dari satu sampel agar tidak tertukar dengan sampel lainnya, sehingga menjaga integritas dan validitas data penelitian. Data tinggi badan dan antropometri sampel akan berfungsi sebagai acuan utama dalam penerapan metode *proportional random sampling* pada setiap kelas yang telah diklasifikasikan berdasarkan karakteristik fisik tertentu. Sementara itu, data riwayat penyakit yang berhubungan dengan aspek ergonomis akan berfungsi sebagai indikator penting bagi peneliti untuk mengidentifikasi sampel yang memerlukan perlakuan khusus atau pertimbangan tambahan dalam proses penelitian, guna memastikan keselamatan dan kenyamanan responden selama pelaksanaan eksperimen.

3.6.2 Analisis Data *Body Adjustment (REBA)*

Pada proses analisis dan komparasi data *REBA*, diperlukan potret sampel ketika menggunakan kedua meja las yang berbeda. Dokumentasi visual ini penting untuk memastikan akurasi penilaian postur tubuh. Aspek yang akan dinilai yaitu *neck position, trunk position, leg position, arm position dan wrist position*. Setiap komponen postur tubuh ini berkontribusi terhadap skor risiko ergonomis secara keseluruhan. Untuk menilai posisi pengelasan dengan metode *REBA*, potret dari sampel akan ditambahkan garis imajiner lalu diukur sudutnya seperti pada Gambar 3.3. Pengukuran sudut dilakukan secara sistematis untuk memastikan presisi hasil analisis postur.

3.6.2.1 Neck Position and Adjustment

Sebagai aspek ke satu yang terkandung pada *REBA*, posisi leher memegang peranan penting untuk menentukan perubahan aspek ergonomis. Pada Tabel 3.7, penilaian posisi leher terbagi menjadi dua yaitu sudut yang diciptakan dan lurus atau tidaknya leher ketika proses pengelasan. Posisi condong ke belakang dan menghadap ke samping kemungkinan tidak akan terjadi pada proses pengelasan.

Posisi leher yang miring dan menghadap ke samping tidak mungkin terjadi dikarenakan kedua meja las memiliki permukaan yang rata. Selain permukaan meja yang rata, pengelasan *underhand* yang berarti benda kerja berada dibawah posisi tangan, hal ini membuat posisi condong ke belakang mustahil terjadi.

Sedangkan untuk posisi lainnya kemungkinan terjadi karena kondisi benda kerja yang di atas meja dan meja yang memiliki ketinggian yang tidak sesuai akan memaksa tubuh untuk condong ke depan. *Range* sudut yang diklasifikasikan juga cukup terbatas dan tidak beragam, *range* sudut hanya terbagi menjadi dua yaitu dari 0 - 20° dan 20° lebih.

Terbatasnya *range* dari klasifikasi akan mempengaruhi penilaian postur tubuh dari sampel, hal ini terjadi karena sudut yang lebar dan lancip kemungkinan berada pada satu kelas klasifikasi. Pada klasifikasi posisi ke dua tertulis bahwa posisi ke dua tersebut mencakup 20° lebih, secara tidak langsung mengatakan bahwa sudut 90° juga akan termasuk kepada kelas tersebut. Kondisi ini dapat menyebabkan bias dalam interpretasi tingkat risiko ergonomis, dimana postur dengan sudut yang berbeda signifikan dapat memperoleh skor yang sama.

Tabel 3.7 Neck Position Score

No	Posisi	Skor
1	Condong ke depan 0 - 20°	1
2	Condong ke depan 20° +	2
3	Condong ke belakang	2
1.1	Tidak miring	0
1.2	Miring ke samping	1
1.3	Menghadap ke samping	1

(Sumber : Bhirawa et al., 2024)

3.6.2.2 Trunk Position and Adjustment

Posisi tubuh bagian atas akan lebih terpengaruhi apabila meja las ergonomis yang digunakan tidak memiliki ketinggian yang sesuai. Pada Tabel 3.8, posisi tubuh bagian atas dinilai berdasarkan sudut yang diciptakan ketika condong ke belakang

atau ke depan dan berdasarkan arah dimana tubuh bagian atas menghadap ketika proses pengelasan berlangsung.

Posisi yang kemungkinan terjadi adalah tubuh bagian atas yang lurus dan condong ke depan. Untuk posisi seperti condong ke belakang, tubuh bagian atas yang terpuntir dan miring ke samping kemungkinan tidak akan terjadi karena mengingat posisi pengelasan yang dilaksanakan adalah posisi *underhand*. Posisi condong ke belakang juga akan mustahil terjadi mengingat bahwa permasalahan ergonomis yang dikeluhkan adalah meja las konvensional yang lebih rendah, hal ini memaksa siswa untuk mencondongkan badan ke depan.

Range sudut yang ada pada klasifikasi Tabel 3.8 juga terhitung beragam dan terbagi menjadi tiga kelas. Kelas pertama adalah ketika tubuh bagian atas yang condong ke depan dengan *range* 0° - 20° , yang dimana merupakan sudut yang ideal jika mengacu kepada posisi ideal ketika melaksanakan pengelasan *underhand*. Kelas kedua dengan *range* sudut 20° - 60° dan kelas ketiga dengan *range* sudut lebih dari 60° .

Tabel 3.8 *Trunk Position Score*

No	Posisi	Skor
1	Tubuh bagian atas tidak condong ke depan / belakang	1
2	Tubuh bagian atas condong ke belakang 0° - 20°	2
3	Tubuh bagian atas condong ke depan 0° - 20°	2
4	Tubuh bagian atas condong ke depan 20° - 60°	3
5	Tubuh bagian atas condong ke belakang lebih dari 20°	3
6	Tubuh bagian atas condong ke depan lebih dari 60°	4
1.1	Tubuh bagian atas lurus	0
1.2	Tubuh bagian atas terpuntir	1
1.3	Tubuh bagian atas miring ke samping	1

(Sumber : Bhirawa et al., 2024)

3.6.2.3 *Leg Position and Adjustment*

Posisi kaki pada proses pengelasan adalah posisi yang penting untuk diperhatikan karena akan langsung terpengaruhi jika ketinggian meja tidak sesuai dan meja dirasa kurang nyaman untuk digunakan. Ketika meja memiliki tinggi yang lebih rendah dari yang dibutuhkan, pinggul akan otomatis condong ke belakang dan kaki akan mengikuti pinggul condong ke belakang. Posisi ini akan sama terjadi dan membebani kaki jika meja memiliki ketinggian lebih dari yang diinginkan, bagian tumit akan terangkat dan kaki menjadi tidak stabil.

Seperti yang terlihat pada Tabel 3.9, posisi yang kemungkinan terjadi adalah posisi dimana beban tubuh disalurkan secara seimbang kepada kedua kaki atau ke salah satu kaki dan posisi dimana kaki condong ke depan atau ke belakang. Posisi kaki yang menekuk tidak memungkinkan terjadi karena posisi pengelasan yang dilakukan ada dalam kondisi berdiri dan meja yang digunakan di sekolah tidak memiliki tinggi yang terlalu rendah.

Posisi kaki yang condong ke depan atau belakang akan membuat siswa kelelahan dan bahkan akan menyebabkan posisi pengelasan yang tidak stabil jika dilakukan untuk waktu yang lama. Kedua kaki seharusnya menerima beban yang stabil dan sama beratnya agar dapat menjaga kestabilan posisi pengelasan. Dengan posisi pengelasan yang stabil, secara langsung akan berpengaruh terhadap keamanan siswa itu sendiri. Distribusi beban yang tidak merata pada kaki juga dapat mengakibatkan gangguan muskuloskeletal pada bagian punggung bawah dan pinggul dalam jangka panjang.

Tabel 3.9 *Leg Position Score*

No	Posisi	Skor
1	Beban menyalur seimbang di kedua kaki	1
2	Beban menumpu kepada salah satu kaki	2
3	Condong ke depan atau belakang	2
1.1	Kaki menekuk menciptakan sudut 30° - 60°	1
1.2	Kaki menekuk menciptakan sudut lebih dari 60° cenderung mendekati posisi jongkok	2

(Sumber : Bhirawa et al., 2024)

3.6.2.4 Arm Position and Adjustment

Posisi lengan merupakan posisi yang krusial karena akan dipengaruhi langsung oleh panjang elektroda, berat pemegang elektroda serta ketinggian meja las. Seperti yang terlihat pada Tabel 3.10, klasifikasi posisi lengan terbagi menjadi dua bagian yaitu sudut yang tercipta dan posisi khusus lainnya seperti penumpuan dan posisi lengan yang berada di atas kepala.

Posisi selain condong ke depan akan mustahil terjadi dikarenakan untuk melakukan pengelasan underhand, tangan hanya perlu menekuk dan condong ke depan. Lalu, posisi tangan tidak mungkin berada di atas kepala dikarenakan posisi yang dilaksanakan bukanlah overhead. Karakteristik teknik underhand ini memang secara alami membatasi variasi posisi tangan yang dapat dilakukan. Hal ini berbeda dengan teknik pengelasan lainnya yang memungkinkan gerakan tangan yang lebih dinamis dan beragam.

Dengan *range* sudut yang bervariasi, tidak menutup kemungkinan bahwa skor yang akan dihasilkan nantinya akan bervariasi juga. Berbeda dengan klasifikasi posisi leher yang monoton, klasifikasi posisi lengan terbagi menjadi tiga range yang berbeda. Pembagian klasifikasi yang lebih detail ini memungkinkan penilaian risiko ergonomis yang lebih akurat untuk gerakan lengan selama aktivitas pengelasan. Variasi *range* sudut pada posisi lengan juga mencerminkan kompleksitas gerakan yang dilakukan oleh pekerja las, dimana posisi lengan dapat berubah-ubah tergantung pada lokasi dan sudut pengelasan yang dikerjakan.

Tabel 3.10 Arm Position Score

No	Posisi	Skor
1	Lengan condong ke depan atau ke belakang dengan sudut 20°	1
2	Lengan condong ke belakang dengan sudut +20°	2
3	Lengan condong ke depan dengan sudut 20° - 45°	2
4	Lengan condong ke depan dengan sudut 45° - 90°	3
5	Lengan condong ke depan dengan sudut +90°	4
1.1	Posisi kedua bahu naik dari posisi normalnya	1
1.2	Posisi tangan tertekuk dan berada di atas kepala	1
1.3	Tangan menahan beban tubuh ketika menumpu terhadap benda	1

(Sumber : Bhirawa et al., 2024)

3.6.2.5 Wrist Position and Adjustment

Posisi pergelangan tangan juga memiliki kemiripan dengan posisi lengan, dimana akan dipengaruhi langsung oleh panjang elektroda, berat pemegang elektroda dan tinggi meja yang digunakan. Posisi pergelangan tangan akan berubah jika *welder* memaksakan pergelangan tangan untuk mengikuti benda kerja dibandingkan menyesuaikan lengan.

Pada Tabel 3.11, semua posisi kemungkinan terjadi tergantung kepada kebiasaan kerja yang dilaksanakan oleh siswa. Jika siswa memiliki kebiasaan kerja yang baik pada saat pengelasan, maka posisi yang mungkin terjadi adalah posisi dimana pergelangan tangan mengarah ke atas dan ke bawah sesuai sudut yang ada pada klasifikasi. Jika kebiasaan kerja atau *working behavior* pada siswa kurang baik, bahkan posisi lain seperti miring dan terpuntir tidak menutup kemungkinan akan terjadi.

Posisi pergelangan tangan mungkin posisi yang akan sulit untuk diklasifikasikan secara mata telanjang, hal ini diperparah dengan pandangan yang terhalang sarung tangan yang cenderung *oversize*. Posisi pergelangan tangan dapat memegang peranan penting karena jika dalam posisi yang tidak ideal, akan mempengaruhi tubuh dengan rasa sakit yang berlebih atau rasa pegal yang dirasakan. Lebih baik untuk menyesuaikan lengan agar pergelangan tangan tetap dalam posisi yang ideal.

Tabel 3.11 Wrist Position Score

No	Posisi	Skor
1	Pergelangan tangan mengarah ke atas atau ke bawah dengan sudut 15°	1
2	Pergelangan tangan mengarah ke atas dengan sudut $+15^{\circ}$	2
3	Pergelangan tangan mengarah ke bawah dengan sudut $+15^{\circ}$	2
1.1	Pergelangan tangan miring ke samping	1
1.2	Pergelangan tangan terpuntir menunjukan telapak tangan di bagian atas	1

(Sumber : Bhirawa et al., 2024)

3.6.2.6 Skor Akhir *Rapid Entire Body Assessment*

Setiap aspek *REBA* memiliki klasifikasinya masing-masing, klasifikasi pada satu posisi tidak mungkin sama dengan posisi lainnya. Skor tiap posisinya berjarak dari 1 hingga 4. Setiap posisi menyediakan dua klasifikasi yaitu sudut yang diciptakan di setiap bagian tubuh dan lurus atau miringnya bagian tubuh yang dimaksud, meskipun posisi kemiringan atau klasifikasi posisi sekunder kemungkinan tidak akan terjadi.

Skor-skor tersebut pada akhirnya akan dijumlahkan dan dapat digunakan untuk komparasi diantara kedua meja las yang digunakan. Skor yang lebih rendah menggambarkan bahwa meja las yang digunakan lebih ergonomis, berlaku pula sebaliknya. Metode untuk menghitung persentase penurunan skor *REBA* adalah metode *Differential Percentage* (2) yang dimana kondisi sampel yang sama dengan menggunakan kedua media yang berbeda. Rumus dari metode tersebut adalah :

$$Ps = ((Smk - Sme) / Smk) \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

(Sumber : Mehrparvar et al., 2023)

Catatan :

Ps = Penurunan Skor *REBA*

Smk = Skor Meja Konvensional

Sme = Skor Meja Ergonomis

Setelah mengetahui penurunan skor *REBA* pada setiap sampel yang terlibat dengan penelitian, langkah selanjutnya adalah menentukan efektivitas penggunaan meja las ergonomis dengan bantuan klasifikasi yang tercantum pada Tabel 3.12. Adanya klasifikasi tersebut dapat digunakan untuk menilai aspek ergonomis yang dialami oleh sampel. Klasifikasi efektivitas juga dapat digunakan untuk data per-sampelnya atau data rerata keseluruhan sampel. *Output* dari klasifikasi ini nantinya

merupakan penilaian efektivitas berdasarkan metode *REBA* bahwa aspek ergonomis meningkat atau tidak.

Tabel 3.12 Klasifikasi Efektivitas

Persentase Penurunan (%)	Keterangan
$P_s > 80$	SE (Sangat Efektif)
$60 < P_s \leq 80$	E (Efektif)
$40 < P_s \leq 60$	CE (Cukup Efektif)
$20 < P_s \leq 40$	KE (Kurang Efektif)
$P_s \leq 20$	STE (Sangat Tidak Efektif)

(Sumber : Simamora, 2022)

3.6.3 Analisis Data *NBM* (*Nordic Body Map*)

Data yang didapatkan pada tahap pengumpulan data kuisioner *NBM* diantaranya adalah nama sampel, kesesuaian pengaturan tinggi meja las ergonomis, bagian tubuh yang terasa sakit ketika menggunakan meja las konvensional dan meja las ergonomis beserta tingkatan rasa sakit yang dirasakan. Peneliti dapat menganalisis data yang ada pada tahap ini dengan membandingkan skor yang dihasilkan pada kedua data dengan penggunaan meja las yang berbeda. Sebelum menghitung skor yang dihasilkan oleh kedua data tersebut, dapat dilihat pada Tabel 3.13 mengenai distribusi skor.

Tabel 3.13 Distribusi Skor *NBM*

Jawaban	Skor
Bisa diabaikan	1
Rendah	2
Sedang	3
Tinggi	4
Sangat Tinggi	5

(Sumber : Bhirawa et al., 2024)

Data yang dihasilkan dari penggunaan kedua meja las dapat dihitung dengan rumus yang sama . Kondisi ideal dari perbandingan kedua data adalah lebih kecilnya skor yang dihasilkan pada penggunaan meja las ergonomis jika dibandingkan dengan skor pada penggunaan meja las konvensional. Lalu setelah

mendapatkan nilai ergonomis dari penggunaan kedua meja, penurunan skor di antara kedua meja juga perlu dihitung dengan konsep rumus yang sama seperti menghitung penurunan skor *REBA*. Untuk menghitung penurunan skor *NBM* diantara kedua meja las yang digunakan, dapat menggunakan rumus metode *Differential Percentage* (3) seperti di bawah ini :

$$Ps = ((NB Mk - NB Me) / NB Mk) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

(Sumber : Mehrparvar et al., 2023)

Catatan :

Ps = Penurunan Skor *Nordic Body Map*

NB Mk = Skor *NBM* Meja Las Konvensional

NB Me = Skor *NBM* Meja Las Ergonomis

Persentase penurunan skor dibutuhkan untuk menentukan seberapa ergonomisnya meja las yang telah dirancang. Persentase penurunan skor juga dapat berperan sebagai bukti nyata efektivitas penggunaan suatu meja las. Efektivitas penggunaan meja las ergonomis dapat diklasifikasikan sesuai yang tercantum pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14 Klasifikasi Efektivitas

Persentase Penurunan (%)	Keterangan
$Ps > 80$	SE (Sangat Efektif)
$60 < Ps \leq 80$	E (Efektif)
$40 < Ps \leq 60$	CE (Cukup Efektif)
$20 < Ps \leq 40$	KE (Kurang Efektif)
$Ps \leq 20$	STE (Sangat Tidak Efektif)

(Sumber : Simamora, 2022)