

TUGAS AKHIR

KELELAHAN MATA PADA PEKERJA BENGKEL LAS SKALA KECIL

DI KOTA MAKASSAR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Ujian Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**



Disusun Oleh:

AUDREY MAHESWARI

D071181321

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

TUGAS AKHIR

KELELAHAN MATA PADA PEKERJA BENGKEL LAS SKALA KECIL

DI KOTA MAKASSAR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Ujian Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Disusun Oleh:

AUDREY MAHESWARI

D071181321

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir:

**KELELAHAN MATA PADA PEKERJA BENGKEL LAS SKALA KECIL
DI KOTA MAKASSAR**

Disusun Oleh:

AUDREY MAHESWARI

D071181321

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM
NIP. 19750929 199903 1 002

Dosen Pembimbing II



Ir. Megasari Kurnia, ST., MT
NIP. 19950729 202201 6 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Saiful, ST., MT., IPM
NIP. 19810606 200604 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Audrey Maheswari
NIM : D071181321
Program Studi : Teknik Industri
Jenjang : S1
Judul Skripsi : Kelelahan Mata Pada Pekerja Bengkel Las Skala Kecil di Kota Makassar

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain atas sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pemyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Gowa, 05 Juli 2022
Yang membuat pernyataan



Audrey Maheswari

ABSTRAK

Kegiatan pengelasan berorientasi dalam manufaktur produk dengan cara penyambungan atau perakitan material dengan keahlian dan peralatan khusus. Kondisi lingkungan kerja pada bengkel las berpotensi menimbulkan dampak resiko terhadap pekerja las, salah satunya adalah cahaya atau sinar yang ditimbulkan oleh proses pengelasan. Cahaya yang dipancarkan dari proses pengelasan dapat memberikan efek kelelahan pada mata. Hal lain yang dapat meningkatkan risiko bahaya juga dapat disebabkan oleh faktor individu dari pengelas seperti umur, masa kerja, lama paparan, kelainan refraksi, dan perilaku yang beresiko. Penelitian ini bertujuan untuk membahas kelelahan mata pekerja bengkel las skala kecil di Kota Makassar. Penelitian ini termasuk penelitian *observational* analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Sampel diambil dengan teknik *purposive sampling*. Pengambilan data dengan pengukuran kelalahan mata menggunakan *Flicker Fusion Test* dan pengukuran intensitas cahaya menggunakan *Lux Meter*. Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan uji asumsi statistik, yaitu Uji *Wilcoxon* dan Uji *Chi-Square*. Hasil yang didapatkan dari uji *Wilcoxon* adalah *Asymp Sig (2-tailed)* bernilai 0,000 (nilai $\text{sig} < 0.05$) maka dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan antara hasil pengukuran *flicker fusion test* sebelum dan setelah pengelasan. Sebanyak 59 pekerja (86.78%) mengalami kelelahan mata yang ditandai dengan penurunan frekuensi kemampuan dalam melihat cahaya yang berkedip pada *flicker fusion test* setelah melakukan proses pengelasan. Hasil uji *Chi-Square* pada variabel umur, masa kerja, lama paparan, kelainan refraksi, dan penggunaan APD didapatkan nilai $\text{sig} > 0.05$ ini membuktikan bahwa faktor-faktor karakteristik pekerja seperti umur, masa kerja, lama paparan, kelainan refraksi, dan penggunaan APD tidak memiliki hubungan yang signifikan secara statistik terhadap kelelahan mata pekerja bengkel las skala kecil di Kota Makassar. Sedangkan, hasil uji *Chi-Square* pada variabel intensitas cahaya las didapatkan nilai $\text{sig} < 0.05$ ini membuktikan bahwa intensitas cahaya las memiliki hubungan yang bermakna secara statistik dengan kelelahan mata pekerja bengkel las skala kecil di Kota Makassar.

Kata Kunci: Kelelahan Mata, Flicker Fusion Test, Pekerja Las

ABSTRACT

Welding activities are oriented in manufacturing products by joining or assembling materials with special skills and equipment. The working environment conditions in the welding workshop have the potential to have a risk impact on welding workers, one of which is the light or light generated by the welding process. The light emitted from the welding process can cause eye fatigue. Other things that can increase the risk of harm can also be caused by individual factors from the welder such as age, years of service, length of exposure, refractive errors, and risky behavior. This study aims to discuss the eye fatigue of small-scale welding workshop workers in Makassar City. This research is an analytical observational study with a cross sectional approach. Samples were taken by purposive sampling technique. Data retrieval by measuring eye fatigue using Flicker Fusion Test and measuring light intensity using Lux Meter. The data obtained were processed using statistical assumption tests, namely the Wilcoxon Test and Chi-Square Test. The results obtained from the Wilcoxon test are Asymp Sig (2-tailed) with a value of 0.000 (sig <0.05), which means that there is a difference between the results of the flicker fusion test before and after welding. A total of 59 workers (86.78%) experienced eye fatigue which was marked by a decrease in the frequency of their ability to see flashing light on the flicker fusion test after the welding process. The results of the Chi-Square on the variables of age, working period, length of exposure, refractive error, and the use of PPE obtained a sig>0.05 value, this proves that the worker characteristic factors such as age, length of work, length of exposure, refractive error, and use of PPE did not have a statistically significant relationship with eye fatigue of small-scale welding workshop workers in Makassar City. Meanwhile, the results of the Chi-Square test on the welding light intensity variable obtained a value of sig <0.05. This proves that the welding light intensity has a statistically significant relationship with eye fatigue of small-scale welding workshop workers in Makassar City.

Keywords: Eye Fatigue, Flicker Fusion Test, Welding Workers

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kelelahan Mata Pada Pekerja Bengkel Las Skala Kecil di Kota Makassar”. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- a. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan material dan moral serta doa yang tiada hentinya;
- b. Bapak Dr. Saiful, S.T., M.T., IPM selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin;
- c. Bapak Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ir. Megasari Kurnia, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir ini yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran selama proses bimbingan;
- d. Seluruh staf dan dosen pengajar di Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang dengan sabar dan penuh perhatian dalam mencerdaskan anak bangsa;
- e. Sobat Pulang.Ke.Rumah, Feren Mutiara Claudia, Hesti Indah Anggraeni, Safira Devi Amorita, Sabilal Muhammad Faaris, yang telah memberikan

cinta kasih, dukungan, doa dan semangat selama proses studi hingga sekarang;

- f. Saudara seperjuangan, FEAZ18LE, yang telah memberikan banyak pelajaran hidup yang sangat berwarna;
- g. Keluarga besar HMTI FT–UH yang telah menjadi wadah untuk berproses gunakan mencapai satu salam, yaitu salam unity.
- h. Serta semua pihak yang turut membantu saya namun tidak dapat ditulis satu per satu.

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Sekian dan terimakasih

Makassar, 05 Juli 2022

Audrey Maheswari

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengelasan.....	6
2.1.1 Definisi Pengelasan (<i>Welding</i>)	6
2.1.2 Proses Pengelasan.....	6
2.1.3 Bahaya Pengelasan	7
2.1.4 Alat Pelindung Diri (APD) Pekerja Las	9
2.2 Mata	15
2.2.1 Definisi Mata.....	15

2.2.2 Fisiologi Mata.....	16
2.3 Kelelahan Mata	16
2.3.1 Definisi Kelelahan Mata.....	16
2.3.2 Gejala Kelelahan Mata	18
2.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kelelahan Mata	18
2.3.4 Pengukuran Kelelahan Mata.....	23
2.4 Uji Asumsi Statistik	26
2.4.1 Uji Normalitas	26
2.4.2 Uji <i>Wilcoxon</i>	26
2.4.3 Uji Chi-Square.....	27
2.5 Penelitian Terdahulu	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1 Objek dan Waktu Penelitian	33
3.2 Subjek Penelitian	33
3.3 Data Penelitian.....	34
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	35
3.5 Prosedur Pengambilan Data.....	36
3.6 Prosedur Penelitian	36
3.7 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	38
3.8 Kerangka Berpikir.....	39
BAB IV PENGOLAHAN DATA.....	41
4.1 Data Karakteristik Subjek Penelitian	41
4.2 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Las.....	43
4.3 Hasil Pengukuran <i>Flicker Fusion Test</i>	44
4.4 Uji Asumsi Statistik <i>Flicker Fusion Test</i>	45

4.5 Analisis Bivariat.....	47
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	62
5.1 Berdasarkan Karakteristik Responden.....	62
5.2 Pengukuran Intensitas Cahaya Las	71
5.3 Kelelahan Mata Pekerja Las	73
BAB VI PENUTUP	76
6.1 Kesimpulan	76
6.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pemaparan Radiasi Ultraviolet yang diperkenankan	9
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	29
Tabel 3. 1 Prosedur Pengambilan Data	36
Tabel 4. 1 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian Berdasarkan Umur.....	41
Tabel 4. 2 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian Berdasarkan Masa Kerja	41
Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian Berdasarkan Lama Paparan ...	42
Tabel 4. 4 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian Berdasarkan Kelainan Refraksi	42
Tabel 4. 5 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian Berdasarkan Penggunaan APD	43
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Las	43
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test	44
Tabel 4. 8 Hasil Uji Normalitas Flicker Fusion Test	45
Tabel 4.9 Deskripsi Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan.....	46
Tabel 4.10 Hasil Uji Wilcoxon Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan.....	47
Tabel 4. 11 Distribusi Mean Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Umur.....	48
Tabel 4. 12 Hubungan Umur dengan Kelelahan Mata Berdasarkan Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Sesudah Proses Pengelasan	49
Tabel 4. 13 Distribusi Mean Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Masa Kerja	50
Tabel 4.14 Hubungan Masa Kerja dengan Kelelahan Mata Berdasarkan Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Sesudah Proses Pengelasan	51
Tabel 4. 15 Distribusi Mean Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Lama Paparan	52
Tabel 4.16 Hubungan Lama Paparan dengan Kelelahan Mata Berdasarkan Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Sesudah Proses Pengelasan	53

Tabel 4. 17 Distribusi Mean Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Kelainan Refraksi	54
Tabel 4. 18 Hubungan Kelainan Refraksi dengan Kelelahan Mata Berdasarkan Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Sesudah Proses Pengelasan	55
Tabel 4. 19 Distribusi Mean Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Penggunaan APD	56
Tabel 4. 20 Hubungan Penggunaan APD dengan Kelelahan Mata Berdasarkan Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Sesudah Proses Pengelasan	58
Tabel 4. 21 Distribusi Mean Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Intensitas Cahaya Las	58
Tabel 4. 22 Hubungan Intensitas Cahaya Las dengan Kelelahan Mata Berdasarkan Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Sesudah Proses Pengelasan	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Instrumen Flicker Fusion Test.....	25
Gambar 2. 2 Software Blynk.....	25
Gambar 2. 3 Kegunaan Uji Chi-Square	28
Gambar 3. 1 Peta Distribusi Bengkel Las Skala Kecil di Kota Makassar	33
Gambar 3. 2 Instrumen Flicker Fusion Test.....	35
Gambar 3. 3 Instrumen Intensitas Pencahayaan	35
Gambar 3. 4 Flowchart Penelitian.....	38
Gambar 3. 5 Kerangka Berpikir	39
Gambar 4. 1 Mean Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan	44
Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Umur	49
Gambar 4. 3 Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Masa Kerja	51
Gambar 4. 4 Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Lama Paparan	53
Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Kelainan Refraksi	55
Gambar 4. 6 Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Kelainan Refraksi	57
Gambar 4. 7 Hasil Pengukuran Flicker Fusion Test Sebelum dan Setelah Pengelasan Berdasarkan Intensitas Cahaya Las	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Husein (2022), sekitar 30-70% populasi tenaga kerja pada daerah perkotaan di negara berkembang bekerja pada sektor informal. Sektor informal memiliki karakteristik jumlah unit usaha yang banyak dalam skala yang kecil, kepemilikan oleh individu atau keluarga, teknologi yg masih sederhana dan tingkat pendidikan tenaga kerja rendah. Pengelasan merupakan salah satu pekerjaan pada sektor informal yang banyak terdapat di Indonesia dan memiliki resiko kesehatan yang cukup tinggi.

Kegiatan pengelasan berorientasi dalam manufaktur produk dengan cara penyambungan atau perakitan material dengan keahlian dan peralatan khusus. Pada saat melakukan proses pengelasan, terdapat banyak sumber bahaya yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja. Risiko bahaya yang ada pada pekerjaan las berupa paparan panas, tersengat listrik, posisi kerja yang tidak nyaman, kabel las yang berantakan dan paparan intensitas cahaya las yang tinggi. Beberapa risiko tersebut disebabkan oleh tidak sesuainya rancangan ruangan, mekanisme kerja yang kurang baik, serta kurangnya alat pelindung diri bagi pekerja. Hal lain yang dapat meningkatkan risiko bahaya juga dapat disebabkan oleh faktor individu dari pengelas itu sendiri seperti perilaku yang beresiko.

Dampak bahaya dari risiko kegiatan pengelasan salah satunya adalah kelelahan mata yang diakibatkan oleh munculnya bunga api dari las

menciptakan intensitas cahaya tinggi berkisar dari 500 *Lux* hingga 18000 *Lux* pada medan pandang pekerja las. Intensitas cahaya las tinggi memicu terjadinya kontras cahaya yang dapat memberikan efek kelelahan pada mata (Angelina & Oginawati, 2008).

Kelelahan mata atau *asthenopia* merupakan gejala yang diakibatkan oleh upaya berlebih dari sistem penglihatan yang berada dalam kondisi yang kurang sempurna untuk memperoleh ketajaman penglihatan (Parisay et al., 2020). Keluhan kelelahan mata yang paling banyak dirasakan oleh pekerja bengkel las skala kecil pada saat proses pengelasan adalah rasa silau, terasa perih, dan terasa ada benda asing seperti pasir. Beberapa keluhan tersebut dibarengi dengan kondisi pekerja yang lebih berfokus pada hasil produksi dibandingkan dengan perhatian pada kesehatan dan keselamatan kerja. Peralatan dan perlengkapan keselamatan yang seadanya memperbesar peluang para pekerja terkena penyakit akibat kerja maupun kecelakaan kerja, apalagi jika ditambah dengan kurangnya perhatian dan kehati-hatian dalam bekerja (Wahyuni, 2013).

Berdasarkan kondisi bengkel las skala kecil saat ini, peneliti merasa perlu melakukan penelitian terkait kelelahan mata pada pekerja bengkel las skala kecil. Salah satu metode yang dapat mengukur kelelahan mata secara objektif yaitu menggunakan metode *Flicker Fusion Test*. Pengukuran *Flicker Fusion Test* dilakukan untuk mengukur kelelahan tenaga kerja dengan menguji kemampuan konsentrasi kecermatan mata untuk dapat melihat secara teliti perubahan kedipan cahaya (Annisa, 2011).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dirumuskan suatu masalah yaitu:

- a. Bagaimanakah risiko kelelahan mata pekerja bengkel las skala kecil di Kota Makassar?
- b. Bagaimanakah hubungan faktor pekerja dan intensitas cahaya las terhadap kelelahan mata?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

- a. Medeteksi kelelahan mata pada pekerja bengkel las skala kecil di Kota Makassar menggunakan *flicker fusion test*.
- b. Mengetahui hubungan faktor pekerja dan intensitas cahaya las terhadap kelelahan mata.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

- a. Bagi Praktisi

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai informasi dan evaluasi mengenai risiko kelelahan mata pada pekerja bengkel las skala kecil, serta dapat melaksanakan program keselamatan dan kesehatan kerja di bengkel las skala kecil.

- b. Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat membantu peneliti melihat kondisi yang sebenarnya di lapangan tentang gambaran kelelahan mata pada pekerja bengkel las

skala kecil, serta dapat mengaplikasikan teori dan pengalaman belajar yang telah didapat selama di perkuliahan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan pada penelitian ini adalah:

- a. Penelitian dilakukan pada bengkel las skala kecil di Kota Makassar dengan kriteria memiliki tenaga kerja satu hingga 3 orang dan menangani proyek kecil berupa pembuatan pagar, tralis dan kanopi.
- b. Subjek penelitian adalah pekerja las yang bersedia menjadi subjek penelitian dan belum memulai proses pengelasan pada saat pengambilan data.
- c. Tidak terdapat perbedaan yang mencolok pada jenis pekerjaan, jenis mesin las, serta jenis ketebalan bahan yang dilas oleh subjek yang diamati.
- d. Pengambilan data kelelahan mata dilakukan dengan pengukuran langsung menggunakan alat *flicker fusion* yang dirancang oleh peneliti.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir dibutuhkan sistematika penulisan yang benar agar pembaca dapat memahami isi dari tugas akhir. Adapun sistematika penulisan tugas akhir yang dimaksud adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, diuraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, diuraikan mengenai tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian terdahulu, serta landasan teori yang digunakan dalam memecahkan masalah-masalah yang ada.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, diuraikan mengenai objek penelitian, data penelitian yang digunakan, metode pengumpulan data, prosedur penelitian, instrument penelitian beserta diagram alur penelitian.

BAB IV PENGOLAHAN DATA

Dalam bab ini, diuraikan mengenai hasil pengukuran pada penelitian dan pengolahan data menggunakan uji statistik.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, diuraikan mengenai analisa dan pembahasan hasil penelitian berdasarkan metode yang digunakan.

BAB VI PENUTUP

Dalam bab ini, diuraikan mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran untuk subjek penelitian agar nantinya hasil penelitian ini dapat dipertimbangkan guna kepentingan kedepannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

2.1.1 Definisi Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan menurut Deutsche Industrie Norman (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan merupakan penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung dibuat meleleh dengan busur menyala atau panas yang didapatkan dari busur nyala listrik (gas pembakar). Pengelasan sering digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan dari semua alat-alat yang terbuat dari logam, baik sebagai proses penambalan retak-retak, penyambungan sementara, maupun pemotongan bagian-bagian logam (Hamid, 2016). Tak hanya untuk perbaikan dan pemeliharaan, proses pengelasan juga bagian dari proses manufaktur yang menghasilkan produk akhir berupa pagar pekarangan, pintu gerbang, jendela rumah, dan lain-lain.

2.1.2 Proses Pengelasan

Proses pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Energi pembangkit panas dapat dibedakan

menurut sumbernya: listrik, kimiawi optis, mekanis, dan bahan semi konduktor. Panas digunakan untuk mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau terjadi peleburan. Selain itu, panas dipakai untuk menaikkan dektilitas sehingga aliran plastis dapat terjadi walaupun bahan tidak mencair, lebih jauh lagi, pemanasan membantu penghilangan kotoran pada bahan (Sutowo & Sanjaya, 2007).

2.1.3 Bahaya Pengelasan

Secara umum bahaya pengelasan dapat dibedakan berdasarkan proses pengelasan karena sifat pekerjaannya seperti operasi mesin, listrik, api, radiasi busur las, asap las dan ledakan. Disamping bahaya umum diatas, masih terdapat bahaya tersembunyi seperti bekerja dengan alat yang tidak biasa digunakan, bekerja pada ruang terbatas, adanya sambungan listrik atau gas yang kurang baik, logam logam panas dan lain-lain (Arsyad et al., 2019).

Pengelasan menyangkut penggunaan panas, pancaran busur nyala dan polusi udara oleh gas-gas baik yang berasal dari terbakarnya *coating* maupun gas pelindung, yang jika terkena jaringan tubuh atau terhisap dalam jangka waktu lama akan menyebabkan gangguan kesehatan yang cukup serius dan dapat meninggalkan cacat permanen atau bahkan kematian. Selanjutnya pengelasan juga menyebabkan timbulnya risiko kebakaran dan peledakan sehingga perlu adanya tindakan pencegahan terhadap terjadinya bahaya kebakaran maupun gangguan kesehatan (Rorimpandey et al., 2014).

Selama proses pengelasan akan timbul cahaya dan sinar yang dapat membahayakan juru las dan pekerja lain yang berada di sekitar pengelasan. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Angelina & Oginawati, 2008) dapat diketahui intensitas cahaya yang muncul dari pengelasan berkisar dari 500 *Lux* hingga 18000 *Lux*. Intensitas cahaya las dapat beragam bergantung pada jenis mesin las, jenis pekerjaan, jenis serta ketebalan bahan yang dilas. Intensitas cahaya las yang tinggi dapat memicu terjadinya kontras cahaya. Sinar yang dihasilkan dari pengelasan mengandung radiasi sinar ultraviolet (200–400 nm), radiasi cahaya tampak (400–700 nm), dan radiasi inframerah (700–1400 nm). Sinar ultraviolet sebenarnya adalah pancaran yang mudah diserap, tetapi sinar ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh. Bila sinar ultraviolet yang terserap oleh lensa dan kornea mata melebihi jumlah tertentu maka pada mata akan terasa seakan-akan ada benda asing di dalamnya. Dalam waktu antara 6 sampai 12 jam kemudian mata akan menjadi sakit selama 6 sampai 24 jam. Pada umumnya rasa sakit ini akan hilang setelah 48 jam. Cahaya yang dipancarkan dari pengelasan tersebut dapat juga memberikan efek kelelahan pada mata untuk jangka pendeknya. Pencegahan dapat dilakukan dengan cara menghindari kemungkinan mata terpapar sinar ultraviolet dengan menggunakan kacamata yang tidak tembus sinar tersebut (Ardiani et al., 2018).

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 13 tahun 2011 (dalam Nurgazali, 2016), nilai ambang batas radiasi ultraviolet yang diperkenankan bagi pekerja yaitu sebesar 0,0001 mW/cm². Lama pajanan yang diperkenankan sesuai dengan nilai intensitas radiasinya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Pemaparan Radiasi Ultraviolet yang diperkenankan

Masa pemaparan per hari	Iradiasi efektif (mW/cm ²)
8 jam	0,0001
4 jam	0,0002
2 jam	0,0004
1 jam	0,0008
30 menit	0,0017
15 menit	0,0033
10 menit	0,005
5 menit	0,01
1 menit	0,05
30 detik	0,1
10 detik	0,3
1 detik	3
0,5 detik	6
0,1 detik	30

Sumber: Kepmenakertrans Per. 13/MEN/X/2011

2.1.4 Alat Pelindung Diri (APD) Pekerja Las

Menurut Sriwirdharto (dalam Putra, 2012), APD yang digunakan dalam proses pengelasan meliputi:

a. APD Pengelasan Utama

1) Helm Pengaman (*Safety Helm*)

Alat pelindung kepala (*safety helmet*) digunakan untuk melindungi pekerja dari bahaya terbentur oleh benda tajam atau benda keras yang dapat menyebabkan luka gores, terpotong, tertusuk, kejatuhan benda, atau terpukul oleh benda-benda yang melayang di udara. *Safety helmet* juga berfungsi untuk

melindungi rambut pekerja dari bahaya terjepit mesin yang berputar, bahaya panas radiasi, dan percikan bahan kimia. Di Indonesia belum ada standar/klasifikasi untuk *safety helmet*. Sedangkan, di Amerika terdapat 4 jenis *safety helmet* yaitu:

- a) Kelas A digunakan untuk penggunaan umum dan untuk tegangan listrik yang terbatas.
- b) Kelas B tahan terhadap tegangan listrik tinggi
- c) Kelas C digunakan tanpa perlindungan terhadap tegangan listrik, biasanya terbuat dari logam.
- d) Kelas D digunakan untuk pemadam kebakaran.

2) Kacamata Las (*Googles*)

Pelindung mata digunakan untuk menghindari pengaruh radiasi energi seperti sinar ultraviolet, sinar infra merah dan lain-lain yang dapat merusak mata. Pekerja yang kemungkinan dapat terkena bahaya dari sinar yang menyilaukan, seperti sinar las potong dengan menggunakan gas dan percikan dari sinar las yang memijar harus menggunakan pelindung mata khusus. Pekerjaan pengelasan juga menghasilkan radiasi sinar tergantung pada suhu tertentu.

3) Pelindung Wajah (*Face Shield*)

Pelindung wajah digunakan untuk melindungi seluruh wajah terhadap luka bakar pada kulit yang disebabkan oleh cahaya busur, percikan dan lainnya, yang tidak dapat dilindungi hanya

dengan pelindung mata saja. Bentuk dari pelindung wajah bermacam-macam, dapat berbentuk helm las (*helmet welding*) dan masker las (*handshield welding*).

4) Pakaian Kerja dan Pelindung Dada (*Apron*)

Pakaian kerja yang digunakan waktu pengelasan berfungsi untuk melindungi anggota badan dari bahaya-bahaya waktu pengelasan. Sedangkan bagian dada merupakan bagian yang sangat peka terhadap pengaruh panas dan sinar yang tajam. Sinar dari las listrik termasuk sinar yang sangat tajam. Pelindung dada dipakai setelah baju las.

Pakaian kerja khusus untuk pekerja dengan sumber-sumber berbahaya tertentu seperti:

- a) Tahan radiasi panas: Pakaian kerja untuk radiasi panas harus dilapisi bahan yang merefleksikan panas biasanya aluminium dan berkilap, sedangkan pakaian kerja untuk panas konveksi terbuat dari katun yang mudah menyerap keringat serta longgar.
- b) Tahan radiasi mengion: Pakaian harus dilengkapi dengan timbal dan biasanya berupa apron.
- c) Tahan cairan dan bahan-bahan kimiawi: Pakaian kerja terbuat dari plastik atau karet.

5) Sarung Tangan (*Safety Glove*)

Pekerjaan pengelasan selalu berhadapan dengan benda-benda panas dan arus listrik. Untuk melindungi jari-jari tangan dan kulit dari benda panas dan sengatan listrik dingin, radiasi elektromagnetik, dan radiasi mengion, bahan kimia, benturan dan pukulan, luka, lecet dan infeksi, maka tukang las harus memakai sarung tangan yang tahan panas dan bersifat isolasi terhadap listrik.

Menurut bentuknya alat pelindung tangan dan jari dapat dibedakan menjadi:

- a) Sarung tangan (*gloves*)
- b) *Mitten*: sarungan tangan dengan ibu jari terpisah sedang jari lain menjadi satu.
- c) *Hand pad*: melindungi telapak tangan.
- d) *Sleeve*: untuk pergelangan tangan sampai lengan, biasanya digabung dengan sarung tangan.

Bahan untuk sarung tangan bermacam-macam bahannya sesuai dengan fungsinya, antara lain:

- a) Bahan asbes, katun, wol untuk panas dan api.
- b) Bahan kulit untuk panas, listrik, luka dan lecet.
- c) Bahan karet alam atau sintetik untuk kelembaban air dan bahan kimia.

d) Bahan PVC (Poli Vinil Chloride) untuk zat kimia, asam kuat dan oksidator.

6) Sepatu Kerja (*Safety Shoes*)

Fungsi dari sepatu kerja yaitu untuk melindungi kaki dan kulit dari benda-benda tajam, kejatuhan benda-benda tajam dan percikan cairan logam serta goresan-goresan benda-benda tajam. Syarat dari sepatu kerja yaitu kuat dan tahan api, tinggi dengan ujung sepatu dari baja dan bahan dari kulit.

Safety shoes yang digunakan harus disesuaikan dengan jenis risikonya seperti:

- a) Untuk melindungi jari-jari kaki terhadap benturan dan tertimpa benda-benda keras, *safety shoes* dilengkapi dengan penutup jari dari baja atau campuran baja dengan karbon.
- b) Untuk mencegah tergelincir dipakai sol anti slip luar dari karet alam atau sintetik dengan bermotif timbul (permukaan kasar).
- c) Untuk mencegah tusukan dari benda-benda runcing, sol dilapisi dengan logam.
- d) Terhadap bahaya listrik, sepatu seluruhnya harus dijahit atau direkat, tidak boleh menggunakan paku.

Untuk pekerja yang bekerja dengan mesin-mesin berputar tidak diperkenankan menggunakan sepatu yang menggunakan tali.

b. APD Pengelasan Tambahan

1) Kacamata Bening (*Safety Spectacles*)

Kacamata ini mempunyai lensa yang terbuat dari gelas atau plastik yang tahan terhadap benturan, dengan atau tanpa pelindung samping. Kacamata bening dipakai pada waktu membersihkan terak, karena terak sangat rapuh dan keras pada waktu dingin.

2) Pelindung Telinga (*Hearing Protection*)

Alat pelindung telinga digunakan untuk melindungi telinga dari kebisingan pada waktu menggerinda, meluruskan benda kerja, persiapan pengelasan dan lain sebagainya yang dapat merusak telinga.

3) Alat Pelindung Hidung (Respirator)

Alat pelindung hidung (Masker dan respirator) digunakan untuk melindungi saluran pernapasan dari pernapasan secara inhalasi terhadap sumber-sumber bahaya di udara pada tempat kerja seperti kekurangan oksigen, pencemaran oleh partikel (debu, kabut, asap dan uap logam), pencemaran oleh gas atau uap sehingga tidak terjadi penyakit akibat kerja (PAK).

Berdasarkan jenisnya masker dibagi menjadi 2 yaitu masker debu dan masker karbon:

a) Masker debu: Melindungi dari debu *phylon*, *buffing*, *grinding*, serutan kayu dan debu lain yang tidak terlalu

beracun. Masker debu tidak dapat melindungi dari uap kimia, asap cerobong dan asap dari pengelasan.

- b) Masker karbon: Melindungi dari bahan kimia yang daya racunnya rendah yang memiliki absorben dari karbon aktif.

Selain itu ada juga alat pelindung hidung lainnya, yaitu respirator.

Berdasarkan jenisnya respirator dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

- a) Respirator untuk memurnikan udara dibagi menjadi 3 jenis, yaitu respirator yang mengandung bahan kimia, respirator dengan filter mekanik, respirator yang mempunyai filter mekanik dan bahan kimia.
- b) Respirator untuk *supply* udara: *Supply* udaranya berasal dari saluran udara bersih atau kompresor, alat pernapasan yang mengandung udara (*self contained breathing apparatus*).

2.2 Mata

2.2.1 Definisi Mata

Mata adalah indera penglihatan yang berperan sebagai kamera untuk melihat. Mata mempunyai kemampuan untuk mengatur sinar yang masuk kedalamnya sebagai layaknya diafragma kamera. Menurut Forrester et al. (2016) mata adalah organ fotoresepsi yang sangat khusus, proses di mana energi cahaya dari lingkungan menghasilkan perubahan sel saraf khusus di retina, batang dan kerucut. Perubahan ini menghasilkan potensial aksi saraf, yang kemudian diteruskan ke saraf optik dan kemudian ke otak, di mana informasi diproses dan secara sadar

diapresiasi sebagai penglihatan. Fungsi mata terutama untuk melihat. Melihat ditentukan oleh tajam penglihatan, kemampuan penglihatan warna, penglihatan kedua mata untuk melihat stereoskopik, dan luasnya lapang pandangan.

2.2.2 Fisiologi Mata

Proses kerja mata manusia diawali dengan masuknya cahaya melalui bagian kornea, kemudian dibiaskan oleh *aquous humour* ke arah pupil. Pada bagian pupil, jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata dikontrol secara otomatis. Pupil akan meneruskan cahaya ke bagian lensa mata dan oleh lensa mata difokuskan ke retina melalui vitreous humour. Cahaya apapun objek yang telah difokuskan ke bagian retina, merangsang sel saraf batang dan kerucut untuk bekerja dan hasil kerja ini diteruskan ke saraf optik, ke otak dan kemudian otak bekerja untuk memberikan tanggapan sehingga menghasilkan penglihatan (Forrester et al., 2016). Secara sederhana fisiologi mata, yaitu cahaya masuk dan ditangkap oleh retina, dari retina akan diteruskan ke otak dan otak akan mengirimkan signal serta impuls pada manusia penglihat objek.

2.3 Kelelahan Mata

2.3.1 Definisi Kelelahan Mata

Menurut DEPKES (dalam Simarmata, 2017), kelelahan mata disebabkan oleh stress yang terjadi pada fungsi penglihatan. Stress pada otot yang berfungsi untuk akomodasi dapat terjadi pada saat seseorang berupaya untuk melihat pada obyek berukuran kecil dan pada jarak yang dekat

dalam waktu yang lama. Pada kondisi demikian, otot-otot mata akan bekerja secara terus menerus dan lebih dipaksakan. Ketegangan otot-otot pengakomodasi (otot-otot siliar) makin besar sehingga terjadi peningkatan asam laktat dan sebagai akibatnya terjadi kelelahan mata, stres pada retina dapat terjadi bila terdapat kontras yang berlebihan dalam lapangan penglihatan dan waktu pengamatan yang cukup lama.

Menurut Bridger (dalam Firasati, 2012), kelelahan mata dikenal sebagai tegang mata atau astenopia yaitu kelelahan okuler atau ketegangan pada organ visual, dimana terjadi gangguan pada mata dan sakit kepala sehubungan dengan penggunaan mata secara intensif. Kelelahan mata menggambarkan seluruh gejala-gejala yang terjadi sesudah stres berlebihan terhadap fungsi mata, berupa tegang otot siliaris yang berakomodasi saat memandang objek yang sangat kecil dalam jarak yang sangat dekat. Dengan begitu, kelelahan mata timbul karena ketegangan yang intens pada fungsi mata, misalnya, otot-otot akomodatif selama bekerja yang harus diamati dengan cermat, atau retina karena kontras yang tidak tepat.

Dari beberapa definisi kelelahan mata, dapat disimpulkan bahwa kelelahan mata atau asthenopia merupakan keluhan subjektif yang meliputi rasa tidak nyaman pada mata, nyeri otot di sekitar mata. Kelelahan mata menggambarkan semua gejala yang terjadi setelah kelelahan pada semua fungsi mata, termasuk ketegangan pada otot

siliaris yang menyesuaikan saat melihat objek yang sangat kecil dari jarak yang sangat dekat.

2.3.2 Gejala Kelelahan Mata

Kelelahan mata ditandai dengan penglihatan kabur, penglihatan ganda, mata merah, mata perih, mata mengantuk, dan penurunan akomodasi. Menurut Pheasant (dalam Siagian, 2017) gejala-gejala seseorang mengalami kelelahan mata antara lain:

- a. Nyeri atau terasa berdenyut di sekitar mata
- b. Pandangan kabur
- c. Pandangan ganda
- d. Sulit dalam memfokuskan penglihatan
- e. Mata perih
- f. Mata merah
- g. Mata berair
- h. Sakit kepala dan
- i. Pusing disertai mual.

Kelelahan mata disebabkan oleh stres pada otot-otot akomodatif. Hal ini terjadi ketika seseorang mencoba untuk melihat benda-benda kecil dari jarak pendek untuk waktu yang lama sehingga timbul koreksi penglihatan yang berkurang dan mata kering.

2.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kelelahan Mata

Kejadian mata lelah ini tentunya terjadi karena dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan eksternal.

a. Faktor Internal

1) Usia

Menurut Guyton (dalam Firasati, 2012) dengan bertambahnya usia menyebabkan otot-otot mata berangsur-angsur kehilangan elastisitasnya, daya akomodasi berkurang, dan agak kesulitan melihat pada jarak dekat. Hal ini akan menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan ketika mengerjakan sesuatu pada jarak dekat maupun penglihatan jauh. Di usia 20 tahun, manusia pada umumnya dapat melihat objek dengan jelas. Sedangkan pada usia 45 tahun kebutuhan terhadap cahaya empat kali lebih besar. Pada usia 60 tahun, kebutuhan cahaya yang diperlukan untuk melihat jauh lebih besar dibandingkan usia 45 tahun karena pada usia 45-50 tahun daya akomodasi mata menjadi berkurang.

Daya akomodasi merupakan kemampuan lensa mata untuk menebal atau menipis sesuai dengan jarak benda yang dilihat agar bayangan jatuh tepat di retina. Semakin tua seseorang, lensa semakin kehilangan kekenyalan sehingga daya akomodasi makin berkurang dan otot-otot semakin sulit dalam menebalkan dan menipiskan mata. Sebaliknya, semakin muda seseorang. Kebutuhan cahaya akan lebih sedikit dibandingkan dengan usia yang lebih tua dan kecenderungan mengalami kelelahan mata lebih sedikit (Simarmata, 2017).

2) Masa Kerja

Menurut Budiono (dalam Simarmata ,2017), masa kerja dapat mempengaruhi pekerja baik positif maupun negatif. Akan memberikan pengaruh positif bila semakin lama seseorang bekerja maka akan berpengalaman dalam melakukan pekerjaannya. Sebaliknya akan memberikan pengaruh negatif apabila semakin lama bekerja akan menimbulkan kelelahan dan kebosanan. Semakin lama seseorang dalam bekerja maka semakin banyak dia telah terpapar bahaya yang ditimbulkan oleh lingkungan kerja tersebut. Encyclopaedia of Occupational Health & Safety (1998) mengatakan bahwa gangguan mata rata-rata akan terjadi setelah bekerja dengan masa kerja lebih dari 3-4 tahun.

3) Kelainan Refraksi

Menurut Ilyas (dalam Simarmata, 2017), kelainan refraksi terjadi ketidakseimbangan sistem optik pada mata sehingga menghasilkan bayangan kabur. Kelainan refraksi mata bisa disebabkan oleh adanya faktor radiasi cahaya yang berlebihan atau kurang yang diterima oleh mata situasi tersebut menyebabkan otot yang membuat akomodasi pada mata akan bekerja bersama, hal ini merupakan salah satu penyebab mata cepat lelah (Prayoga, 2014).

b. Faktor Eksternal

1) Lama Paparan

Pemaparan terus menerus misalnya pada pekerja sektor perindustrian yang jam kerjanya melebihi 40 jam/minggu dapat menimbulkan berbagai penyakit akibat kerja. Yang dimaksud dengan jam kerja adalah jam waktu bekerja termasuk waktu istirahat. Meskipun terjadi keanekaragaman jam kerja, umumnya pekerja informal bekerja lebih dari 7 jam/hari (Simarmata, 2017). Hal ini menimbulkan adanya beban tambahan pada pekerja yang pada akhirnya menyebabkan kelelahan mental dan kelelahan mata. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurgazali (2016), kegiatan pengelasan ditemukan sebagai faktor yang signifikan terhadap paparan yang berulang dari sinar UV. Salah satu kelompok yang berisiko gejala fotokeratitis adalah pekerja las yang terpapar sinar ultraviolet dari percikan listrik saat pengelasan.

2) Intensitas Cahaya

Fungsi utama pencahayaan di tempat kerja adalah untuk menerangi objek pekerjaan agar terlihat secara jelas, mudah dikerjakan dengan cepat, dan produktivitas dapat meningkat (Setiawan, 2010). Pencahayaan yang tidak memadai di area kerja dapat menyebabkan kelelahan mata, tetapi pencahayaan yang terlalu banyak dapat menyebabkan silau. Pencahayaan

yang tepat dapat mencegah kelelahan mata dan meningkatkan kecepatan dan efisiensi bekerja. Menurut Kurniawati et al. (2019), intensitas cahaya minimum dan rata-rata pada berbagai jenis pekerjaan logam (las) adalah 200 *Lux*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fitriani et al. (2019) didapatkan hasil p lebih kecil dari nilai α , sehingga disimpulkan terdapat hubungan antara intensitas cahaya dengan kelelahan mata pada pada juru las PT. X di Kabupaten Gresik.

3) Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD)

Kecelakaan kerja pekerja las sering kali disebabkan oleh kecerobohan selama pekerjaan pengelasan, penggunaan alat pelindung diri yang tidak tepat, dan kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan tersebut maka diperlukan pengetahuan yang baik tentang penggunaan alat pelindung diri dan mengetahui tindakan-tindakan yang dapat menjadi faktor penyebab terjadinya kecelakaan industri.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Salsabela (2019) didapatkan kesimpulan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara pemakaian alat pelindung diri dengan gangguan kesehatan mata pada pekerja las listrik di Kelurahan Jajar, Kecamatan Laweyan. Kesimpulan tersebut didukung oleh hasil uji fisher's exact di peroleh nilai p value = 0,026 dari nilai p value $\leq 0,05$. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh

(Simarmata, 2017), data pemakaian alat pelindung mata dari 30 responden diperoleh bahwa 25 responden (83,3%) selalu memakai pelindung mata selama melakukan pengelasan akan tetapi responden tidak menggunakan alat pelindung mata yang sesuai dengan standar keselamatan juru las melainkan jenis alat pelindung mata yang diperoleh dari 30 responden yaitu 25 responden (83,3%) memakai alat pelindung mata berupa kacamata gelap biasa.

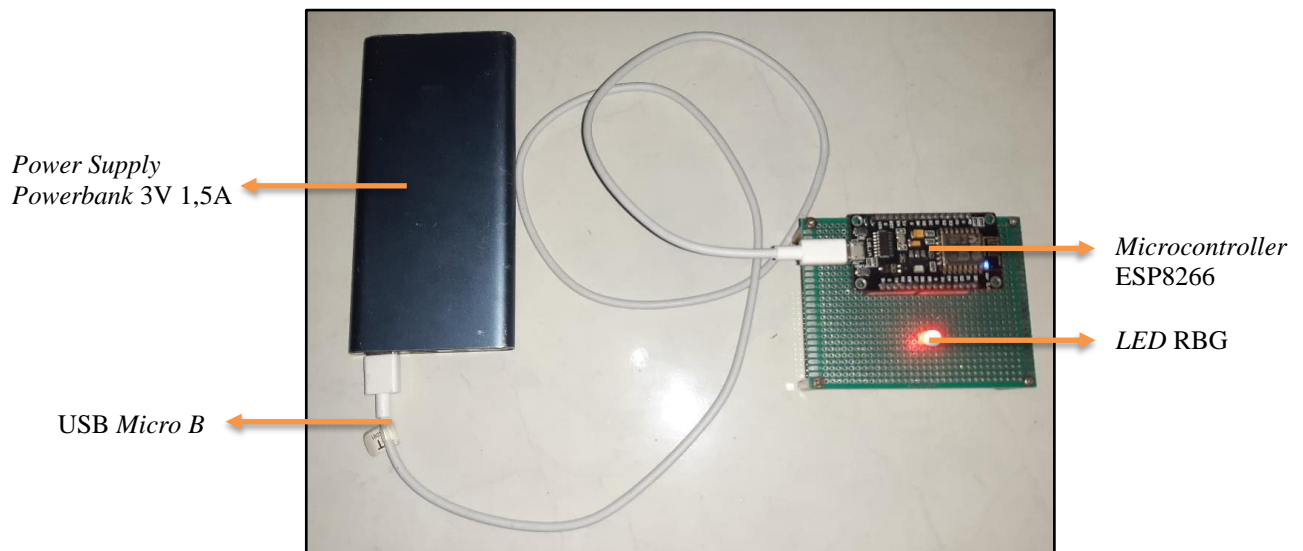
2.3.4 Pengukuran Kelelahan Mata

a. Tes Frekuensi Subjektif Kedipan Mata (*Flicker Fusion Eyes Test*)

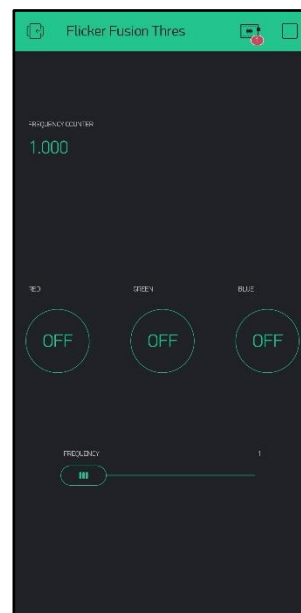
Pengukuran *Flicker Fusion Test* dilakukan untuk mengukur kelelahan tenaga kerja dengan menguji kemampuan konsentrasi kecermatan mata untuk dapat melihat secara teliti perubahan kedipan cahaya. Prinsip penggunaan alat *Flicker Frequency* adalah pengguna melihat lampu berkedip dari frekuensi sebesar 1 Hz yang kemudian frekuensi berkedipnya dinaikkan sampai subjeknya merasakan bahwa cahaya yang berkedip tersebut bukan cahaya kedipan lagi, melainkan sebagai cahaya yang *continue* (mulus). Frekuensi dimana cahaya yang *continue* (mulus) memberikan indikasi bahwa subjek yang diteliti berada pada kondisi lelah (Annisa, 2011). Kondisi tersebut sejalan dengan hal yang dikemukakan oleh Saito (dikutip dalam Yassierli et al., 2016) bahwa saat kemampuan mata mengalami penurunan dalam menangkap stimulus dan kelelahan akan ditandai

dengan ketidakmampuan membedakan lampu berkedip. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Maeda et al (2011), terjadinya penurunan nilai CFFF setelah melakukan aktivitas secara signifikan. Hal tersebut mengindikasikan adanya kelelahan yang dialami selama melakukan aktivitas.

Pada penelitian ini digunakan alat *flicker fusion* (Gambar 2.1) yang telah dirancang oleh peneliti. Alat yang telah dibuat dapat dikontrol secara *wireless* dengan menggunakan komponen bernama ESP8266 dan 1 LED RGB. Untuk mengontrolnya digunakan *software* berbasis Android atau iOS yang bernama “Blynk”. Pada *software* terdapat 1 *display* yang menampilkan jumlah frekuensi secara *real time*, 3 buah tombol masing-masing untuk *Red*, *Green* dan *Blue*, serta tombol geser untuk mengatur jumlah frekuensi secara *real time* dengan batasan jumlah frekuensi adalah 1 Hz sampai dengan 150 Hz. Alat ini menggunakan daya sebesar 3 V 1,5 A DC yang dihubungkan dengan *port micro B* pada komponen ESP8266. Proses *set up* alat ini diawali dengan menyalakan fitur *Mobile Hotspot* pada gawai yang memiliki SSID serta *Password* sama dengan pengaturan program pada IC ESP8266. Tanda bahwa alat sudah terhubung dengan jaringan adalah lampu biru pada ESP8266 akan menyala terus menerus sampai adanya perintah dari alat kontrol. Berikut adalah gambar instrumen *Flicker Fusion Test*



Gambar 2. 1 Instrumen Flicker Fusion Test



Gambar 2. 2 Software Blynk

- b. Selain itu, kelelahan mata juga dapat didiagnosis dari keluhan pasien yang mengeluh penglihatan kabur, penglihatan ganda, mata terasa panas, nyeri, gatal, dan berair, nyeri kepala, pusing dan mual ingin muntah, penglihatan warna berubah atau menurun.

2.4 Uji Asumsi Statistik

2.4.1 Uji Normalitas

Menurut Azka Madihah (dalam Ginting & Silitonga, 2019), tujuan uji normalitas untuk mengetahui distribusi data normal atau tidak normal. Data yang berdistribusi normal akan memperkecil kemungkinan terjadinya bias. Metode yang digunakan adalah metode Kolmogorof Smirnov yaitu dengan persyaratan jika nilai signifikan lebih besar dari $\alpha = 0.05$ maka data tersebut normal. Uji normalitas adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menguji apakah data berdistribusi normal atau tidak dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jika signifikansi atau nilai probabilitas $< 0,05$ maka distribusi datanya adalah tidak normal.
- b. Jika signifikansi atau nilai probabilitas $> 0,05$ maka distribusi datanya adalah normal.

2.4.2 Uji *Wilcoxon*

Uji peringkat bertanda *Wilcoxon* digunakan untuk membandingkan nilai tengah suatu variable dari dua data data sampel berpasangan. Pada uji peringkat bertanda *Wilcoxon* bukan hanya tanda yang diperhatikan, tetapi perbedaan antara sampel yang berpasangan tersebut. Uji modifikasi bertanda *Wilcoxon* berfungsi untuk menguji perbedaan antar data berpasangan berskala ordinal atau interval, menguji komparasi antar pengamatan sebelum dan sesudah (*before after*) diberikan perlakuan dan mengetahui efektifitas suatu perlakuan (Astuti et al., 2021).

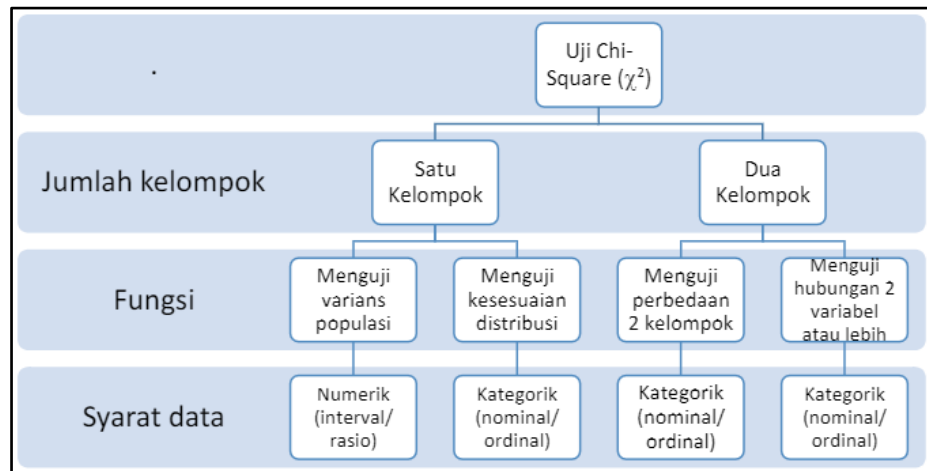
Tes peringkat bertanda Wilcoxon adalah tes *nonparametik* yang dapat digunakan untuk menentukan apakah dua sampel dipenden dipilih dari populasi yang memiliki distribusi yang sama. Syaratnya yaitu: Data interval yang diordinalkan, satu sampel yang berhubungan dan dua sampel. Hal ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk uji T *Student* pasangan itu ketika populasi tidak dapat diasumsikan terdistribusi secara normal atau data pada skala ordinal (Rachmawati, 2018).

Dasar pengambilan keputusan dalam *uji wilcoxon signed test* adalah sebagai berikut:

- a. Ketika nilai signifikansi *Asym.sig 2 failed* $< 0,05$ maka terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.
- b. Ketika nilai signifikansi *Asym.sig 2 failed* $> 0,05$ maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.

2.4.3 Uji Chi-Square

Uji Chi-Square merupakan uji statistik non-parametrik yang digunakan untuk pengujian hipotesa terhadap beda dua proporsi data atau lebih. Hasil pengujian akan menyimpulkan apakah semua proporsi sama atau berbeda. Perhitungan Uji Chi-Square dengan menggunakan rumus pada statistik atau dengan SPSS (Wibowo, 2006). Secara ringkas kegunaan uji chi-square disajikan pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Kegunaan Uji Chi-Square

Uji Chi-square yang umum dikenal oleh banyak orang adalah pengujian terhadap keterkaitan antara dua buah variabel hasil perhitungan (*count data*), sehingga dasar pengujian yang digunakan adalah selisih nilai proporsi dari nilai observasi dengan nilai harapan. Ada pula yang mengasosiasikan uji chi-square sebagai pengujian untuk melihat hubungan antara dua buah variabel kualitatif (katagorik). Umumnya keterkaitan antar dua variabel kualitatif secara deskriptif ditampilkan dalam bentuk tabel kontingensi (*Cross Tabulation*). Ada banyak jenis uji selisih proporsi/uji chi-square yang dikemukakan oleh banyak buku dan literatur, setiap jenis pengujian tersebut didasarkan pada asumsi-asumsi tertentu yang harus dipenuhi oleh data yang akan diujikan.

2.5 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, kerangka diawali dengan menganalisis penelitian terdahulu yang berhubungan dengan beban kerja. Berikut merupakan tabel penelitian terdahulu.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1.	Reykahari Kurniawan Arkani (2018) (ARKANI, 2018)	Faktor Yang Berhubungan Dengan Keluhan Mata Pada Pekerja Las Listrik Di Kecamatan Kota Tengah Kota Gorontalo	Penelitian survei analitik dengan menggunakan desain penelitian yaitu <i>cross sectional study</i> pada pekerja Las Listrik di Kecamatan Kota Tengah Kota Gorontalo yang berjumlah 62 orang.	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat hubungan yang signifikan antara penggunaan alat pelindung mata dan keluhan mata dengan nilai taraf signifikansi $0,003 < 0,05$. • Tidak terdapat hubungan secara signifikan antara masa kerja dan keluhan mata nilai taraf signifikansi $0,878 > 0,05$. • Tidak terdapat hubungan secara signifikan antara lama paparan dan keluhan mata nilai taraf signifikansi $0,381 > 0,05$.
2.	Olivia Maharani Dian Pertiwi, Rizki Amalia, Yamtana (2019) (PERTIWI, 2019)	Kajian Paparan Sinar Las, Pemakaian Apd Dan Masa Kerja Terhadap Kelelahan Matapada Pekerja Las	Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif pada 40 pekerja las. Pengukuran menggunakan kuesioner Visual Fatigue Index (VFI) untuk mengukur kelelahan mata.	<ul style="list-style-type: none"> • 28 responden (70%) mengalami kelelahan mata • 15 responden (55,5%) dengan masa kerja 2 tahun mengalami gejala kelelahan mata • 16 responden (57,2%) pekerja yang menggunakan APD yang mengalami kelelahan mata • 18 responden (66,7%) bekerja periode 3,5-5 tahun mengalami kelelahan mata
3.	Nagistha Salsabela (2019) (SALSABELA, 2019)	Hubungan Pemakaian Alat Pelindung Diri Dengan Gangguan Kesehatan Mata Pekerja Di Bengkel Las Listrik Kelurahan Jajar Kecamatan Laweyan	Penelitian dengan menggunakan rancangan observasional dengan pendekatan <i>cross-sectional</i> pada 9 bengkel las listrik dengan sampel penelitian sebanyak 30 pekerja.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara pemakaian alat pelindung diri dengan gangguan kesehatan mata pada pekerja di bengkel las listrik Kelurahan Jajar Kecamatan Laweyan dengan p value 0,026
4.	Erwin Sundawa, Rubi Ginanjar, dan Rahma Listyandini (2020) (Sundawa et al., 2020)	Hubungan lama paparan radiasi sinar las dengan kelelahan mata pada pekerja bengkel las sektor informal di Kelurahan Sawangan Baru	Penelitian ini dilakukan secara analitik observasional dengan menggunakan pendekatan <i>cross sectional</i> pada penelitian ini sebanyak 35 pekerja	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat hubungan antara lama paparan radiasi sinar las dengan kelelahan mata pada pekerja bengkel las sektor informal di Kelurahan Sawangan Baru dan Pasir Putih Kota Depok dengan p value 0,003 • Terdapat hubungan antara usia dengan kelelahan mata pada

		dan Pasir Putih Kota Depok tahun 2019		<p>pekerja bengkel las sektor informal di Kelurahan Sawangan Baru dan Pasir Putih Kota Depok dengan p value 0,002</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terdapat hubungan antara masa kerja dengan kelelahan mata pada pekerja bengkel las sektor informal di Kelurahan Sawangan Baru dan Pasir Putih Kota Depok dengan p value 0,027 • Terdapat hubungan antara pemakaian alat pelindung diri dengan kelelahan mata pada pekerja bengkel las sektor informal di Kelurahan Sawangan Baru dan Pasir Putih Kota Depok dengan p value 0,003
5.	Mohammad Husein (2022) (Husein, 2022)	Hubungan Faktor Pekerja dan Intensitas Cahaya Las dengan Kelelahan Mata Pada Pekerja	Penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan <i>cross-sectional</i> dengan melakukan pengukuran variabel independen (Faktor pekerja dan Intensitas Cahaya Las) dan variabel dependen (Kelelahan Mata) pada seluruh pekerja bagian produksi di PT. Mitra Toyotaka Indonesia yang berjumlah 132 pekerja	<ul style="list-style-type: none"> • Ada hubungan antara umur dengan Kelelahan Mata (p value = 0.031) • Ada hubungan antara intensitas cahaya las dengan Kelelahan Mata (p value = 0.000) • Ada hubungan antara kelainan refraksi dengan Kelelahan Mata (p value = 0.026) • Tidak ada hubungan antara riwayat penyakit dengan Kelelahan Mata (p value = 0.074) • Tidak ada hubungan antara masa kerja dengan Kelelahan Mata (p value = 0.859) • Variabel yang dominan adalah intensitas cahaya las dengan nilai OR 77,271
6.	Karl Kafui Kwaku Tetteh, Richard Owusu, dan Wisdom Kudzo Axame (2020) (Kwaku Tetteh et al., 2020)	<i>Prevalence and Factors Influencing Eye Injuries among Welders in Accra, Ghana</i>	Penelitian studi <i>cross-sectional</i> , dengan sampel sebanyak 382 tukang las di Accra dari dua lokasi pengelasan. Kuesioner semi terstruktur digunakan untuk mengumpulkan informasi demografis, riwayat cedera mata, kepemilikan, dan penggunaan peralatan pelindung mata dan karakteristik tempat kerja.	Hasil penelitian menunjukkan 59,7% tukang las terlibat dalam pengelasan listrik/busur dan 40,3% dalam pengelasan gas. Prevalensi cedera mata secara keseluruhan adalah 47,9%, lebih tinggi di antara tukang las listrik/busur (73,7%) dibandingkan dengan tukang las gas (9,7%). Faktor yang berhubungan dengan cedera mata adalah terlibat dalam pengelasan gas [AOR: 0,08, 95% CI: 0,04-0,16], pendapatan bulanan yang lebih tinggi [AOR 5,26;95% CI: 1,72-16,09], tidak menggunakan

				APD mata saat bekerja [AOR 1,86 ; 95% CI: 1,02–3,43], dan tidak ada pelatihan tentang penggunaan alat pelindung diri mata [AOR 2,17; 95% CI: 1,07–4,38].
7.	Vijay Alexander, Kurlandaipalayam Natarajan C Sindhu, Pradeep Zechariah, Abigail Veravolu Resu, Suryanarayan Rajendran Nair, Deepthi Kattula, Venkata Raghava Mohan, dan Reginald George Alex T (2016) (Alexander et al., 2016)	<i>Occupational safety measures and morbidity among welders in Vellore, Southern India</i>	Penelitian studi <i>cross-sectional</i> yang dilakukan pada 150 tukang las untuk menentukan frekuensi morbiditas kulit, telinga, mata, dan pernapasan serta penggunaan APD. Sekelompok 150 non-tukang las dipilih untuk perbandingan	Perbedaan yang signifikan dalam frekuensi luka bakar kulit, kemerahan, hiperpigmentasi, gatal, cedera mata, dan tuli sensorineural diamati antara tukang las dan non-tukang las ($P < 0,001$). Hipertensi tercatat pada 12,6% dari tukang las dibandingkan dengan 0,7% di antara non-tukang las. Tak satu pun dari tukang las menggunakan APD yang sesuai. Untuk tukang las, pencapaian 31 pendidikan yang rendah dikaitkan dengan peningkatan risiko cedera mata ($P < 0,05$, OR = 0,29). Ada juga perbedaan yang signifikan antara tuli sensorineural dan tukang las yang memiliki kurang dari 10 tahun pengalaman kerja pengelasan ($P < 0,001$, OR = 18,18) yang mungkin dapat dijelaskan oleh efek pekerja yang sehat
8.	Tahra AlMahmoud, Ismail Elkonaisi, Michal Grivna, Ghuwaya AlNuaimi dan Fikri M. Abu-Zidan (2020) (AlMahmoud et al., 2020)	<i>Eye injuries and related risk factors among workers in small-scale industrial enterprises</i>	Penelitian Studi <i>cross-sectional</i> deskriptif dengan 500 pekerja di perusahaan industri skala kecil di Kota Al-Ain, Uni Emirat Arab.	Hasil penelitian menunjukkan 175 pekerja (35%) melaporkan cedera mata, 25 pekerja (14,3%) mengalami cedera berulang. Dari keseluruhan, 25 pekerja (15%) menerima perawatan untuk cedera mata dan hanya 5% pekerja dirawat di rumah sakit. Pekerja yang mengalami cedera mata kurang berpendidikan dibandingkan dengan mereka yang tidak ($p < .0001$), menerima pelatihan keselamatan yang lebih sedikit ($p < .0001$), memiliki pengalaman kerja yang lebih sedikit ($p < .0001$), menggunakan lebih banyak kacamata koreksi kacamata ($p < .0001$), dan memiliki lebih sedikit penggunaan kacamata pengaman dan kacamata pengaman ($p < .0001$) dibandingkan dengan mereka yang tidak mengalami cedera mata. Pengelasan busur (76; 43,4%), chipping (25; 14,3%), dan pengeboran (24;

				13,7%) dikaitkan dengan risiko tinggi cedera mata.
9.	B Fiebai, EA Awoyesuku (2011) (Fiebai & Awoyesuku, 2011)	<i>Ocular injuries among industrial welders in Port Harcourt, Nigeria</i>	Sebuah survei <i>cross-sectional</i> cedera mata dan penggunaan kacamata pelindung di antara tukang las industri di wilayah pemerintah daerah Port Harcourt di Rivers State, Nigeria dengan sampel 500 tukang las.	Serpihan logam terbang adalah sumber utama cedera mata, seperti yang dilaporkan oleh 199 pekerja (68,15%) dari mereka yang memiliki riwayat cedera mata terkait pekerjaan, sementara 93 sisanya (31,85%). Ada tingkat kesadaran yang tinggi akan risiko cedera mata akibat pengelasan (n sama dengan 490; 98%), tetapi hanya 46 (15,3%) dari tukang las yang menggunakan kacamata pelindung pada saat cedera.
10.	Iyiade A. Ajayi, Adenike O. Adeoye, Charles O. Bekibele, Oluwatoyin H. Onakpoya, O. J. Omotoye (2011) (Ajayi et al., 2011)	<i>Awareness and utilization of protective eye device among welders in a southwestern Nigeria community</i>	Penelitian Studi <i>cross-sectional</i> deskriptif terhadap 405 tukang las. Proforma yang telah diuji sebelumnya digunakan untuk memperoleh informasi tentang karakteristik sosiodemografi, serta kesadaran dan penggunaan alat pelindung mata	Sebagian besar (315; 78%) dari tukang las berusia antara 21 dan 50 tahun. Kelompok termuda berusia 20 tahun menyumbang 15 (4%) dari semua tukang las, sedangkan kelompok tertua berusia >60 tahun menyumbang 21 (5,2%). 402 adalah laki-laki (99,3%) dan tiga adalah perempuan (0,7%). 336 (83%) tukang las telah berlatih selama 6 tahun ke atas. Ada tingkat kesadaran yang tinggi tentang alat pelindung mata di antara tukang las (367; 90,6%), lebih tinggi di antara tukang las busur dibandingkan dengan tukang las gas (P<0,001). Kurang dari setengah (186; 45,9%) dari tukang las memiliki alat pelindung mata. Dari jumlah tersebut, hanya 39 (9,6%) yang selalu menggunakan perangkat. Beberapa alasan untuk tidak menggunakan alat pelindung mata termasuk ketidaknyamanan dan visibilitas yang buruk (56; 13,6%) dan pemahaman yang tidak memadai tentang perlunya memakainya (49; 12,1%).