

**HUBUNGAN ANTARA PAPARAN DEBU PM<sub>10</sub> DENGAN GEJALA  
KONJUNGTVITIS IRITATIF PADA PEKERJA BAGIAN PRODUKSI  
PENGOLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT DI CV. BUMI WARAS WAY  
LUNIK BANDAR LAMPUNG**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Maharani**

**2258011042**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

**HUBUNGAN ANTARA PAPARAN DEBU PM<sub>10</sub> DENGAN GEJALA  
KONJUNGTIVITIS IRITATIF PADA PEKERJA BAGIAN PRODUKSI  
PENGOLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT DI CV. BUMI WARAS WAY  
LUNIK BANDAR LAMPUNG**

**Oleh**

**Maharani**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA KEDOKTERAN**

**Pada**

**Jurusan Kedokteran  
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul Skripsi

: HUBUNGAN ANTARA PAPARAN DEBU PM<sub>10</sub> DENGAN GEJALA KONJUNGTIVITIS IRITATIF PADA PEKERJA BAGIAN PRODUKSI PENGOLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT DI CV. BUMI WARAS WAY LUNIK BANDAR LAMPUNG

Nama Mahasiswa

: Maharani

No. Pokok Mahasiswa

: 2258011042

Program Studi

: Pendidikan Dokter

Fakultas

: Kedokteran



dr. Winda Trijayanthy Utama, S.H., M.K.K  
NIP. 198701082014042002

dr. Nur Ayu Virginia Irawati, M.Biomed  
NIP. 199309032019032026

2. Dekan Fakultas Kedokteran



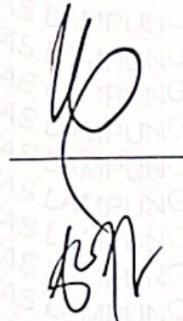
Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc  
NIP-19760120-200312-2-001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

Ketua

: dr. Winda Trijayanthy Utama, S.H., M.K.K

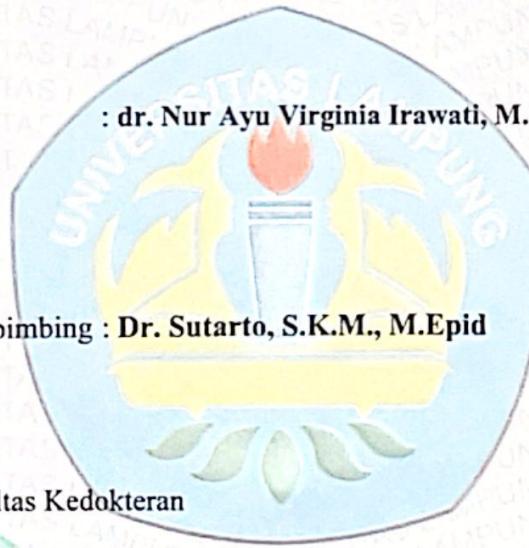
  


Sekretaris

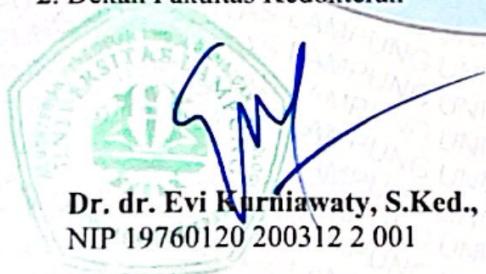
: dr. Nur Ayu Virginia Irawati, M.Biomed

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Sutarto, S.K.M., M.Epid



**2. Dekan Fakultas Kedokteran**



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc.

NIP 19760120 200312 2 001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Desember 2025**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Maharani

NPM : 2258011042

Program Studi : Pendidikan Dokter

Judul Skripsi : Hubungan Antara Paparan Debu PM<sub>10</sub> Dengan Gejala Konjungtivitis Iritatif Pada Pekerja Bagian Produksi Pengolahan Minyak Kelapa Sawit di CV. Bumi Waras Way Lunik Bandar Lampung.

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Skripsi ini merupakan **HASIL KARYA SAYA SENDIRI**. Apabila di kemudian hari terbukti adanya plagiarisme dan kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia diberi sanksi.

Bandar Lampung, 15 Desember 2025

Mahasiswa,



Maharani

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama lengkap Maharani dengan nama panggilan Rani. Bertempat lahir di Bandar Lampung, 24 April 2003. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara, anak dari Bapak Marzani, S.E, dan Ibu Ida Wati, S.Pd.

Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar (SD) yang diselesaikan di SDN 01 Kibang Budi Jaya, Tulang Bawang Barat pada tahun 2010-2016. Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di Sekolah Tunas Mekar Indonesia (TMI) pada tahun 2016-2019 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di Sekolah Darma Bangsa (SDB) pada tahun 2019-2022.

Pada tahun 2022, penulis diterima sebagai Mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif pada organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Kedokteran (BEM FK UNILA).

## **SANWACANA**

Syukur kepada Allah, puji syukur senantiasa Penulis panjatkan kepada Allah atas rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul “Hubungan antara Paparan Debu PM<sub>10</sub> dengan Gejala Konjungtivitis Iritatif pada Pekerja Bagian Produksi Pengolahan Minyak Kelapa Sawit di CV. Bumi Waras Way Lunik Bandar Lampung” disusun sebagai pemenuh syarat guna mencapai gelar sarjana di Fakultas Kedokteran di Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Dengan ini penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. Dr. dr. Indri Windarti, S.Ked., Sp.PA., selaku Ketua Jurusan Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. dr. Intanri Kurniati, S.Ked., Sp.PK., selaku Kepala Program Studi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
5. dr. Winda Trijayanthy Utama, S.H., M.K.K. selaku Pembimbing Pertama sekaligus orang tua kedua penulis yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing, memberikan kritik dan saran yang konstruktif selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala dukungan dan nasihat yang tidak pernah putus diberikan selama proses penyusunan skripsi, penulis sangat menghargai ilmu yang telah dibagikan;
6. dr. Nur Ayu Virginia Irawati, M.Biomed. selaku Pembimbing Kedua, yang bersedia meluangkan waktu dan tenaga, serta dengan sabar memberikan

bimbingan, dukungan, kritik, saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis;

7. Dr. Sutarto, S.K.M., M. Epid selaku Pembahas, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritik, saran, dan pembahasan yang bermanfaat dalam proses penyelesaian skripsi. Terima kasih atas arahan dan nasihat yang tidak pernah putus diberikan selama proses penyusunan skripsi ini;
8. Dr. Hanna Mutiara, M.Kes, selaku Pembimbing Akademik, yang telah senantiasa memberikan motivasi, arahan, waktu, ilmu, serta saran-saran yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
9. Mas Aji yang telah membantu penulis selama proses penyelesaian skripsi ini;
10. Segenap jajaran dosen dan civitas Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang telah mendidik dan membantu penulis selama perkuliahan;
11. Kedua orang tua, Ayahanda Marzani, S.E., dan Ibunda Ida Wati, S.Pd. yang senantiasa mendoakan penulis, memberi dukungan, semangat nasihat, perhatian dan selalu menjadi garda terdepan di kehidupan penulis. Terimakasih telah menjadi orangtua yang sempurna untuk penulis dan terimakasih atas setiap pengorbanan serta kerja keras yang diberikan demi Pendidikan dan kehidupan penulis. Rani akan selalu menyayangi ayah dan ibu, dan akan selalu berusaha semaksimal mungkin untuk membahagiakan ayah dan ibu. Semoga ayah dan ibu selalu diberikan kesehatan oleh Allah SWT;
12. Kakak pertama Ari Saputra,S.H., M.H., kakak kedua Ellyzawati, S.E., dan kakak ketiga Putri Sagita, S.Ked, yang selalu menjadi panutan dan sumber inspirasi bagi penulis. Terimakasih atas segala dukungan, kasih sayang, dan motivasi yang telah diberikan selama ini. Doa serta semangat dari kalian menjadi kekuatan besar bagi penulis untuk terus berjuang menyelesaikan Pendidikan ini;
13. Kakak-kakak iparku, dr. Devi Restina, S.Ked. dan Adhithiya Fradhika Nugraha handono,S.H, serta keponakanku Qaisar Muhammad Rafaeyza Saputra dan Shreya Zanisya El Mecca. Terimakasih telah memberikan segala dukungan, kasih sayang dan menjadi pelengkap keluargaku;

14. Sepupu tercinta yaitu Lariza Serafina Tobroni, S.ked. yang selalu menjadi teman berbagi cerita dan semangat di setiap perjalanan penulis;
15. Kepada teman dekat, Gilang Tri Atmaja, Terimakasih atas bantuan, dukungan, serta kebersamaan selama proses penyusunan skripsi ini. Terimakasih telah meluangkan waktu, memberi semangat, dan menjadi teman berdiskusi yang sabar. Dukungan dan kehadiranmu sangat berarti hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
16. Sahabat terbaik yang sudah menemani sejak masa putih abu-abu hingga kini, yaitu Mutiara Vira Antonia. Terima kasih telah menemani penulis dalam suka dan duka, serta atas dukungan, tawa, dan semangat yang selalu kamu berikan di setiap momen berharga;
17. Sahabat seperjuanganku “Bonam”, yaitu Tiara, Calista, Karisya, Jasmine, Ruchpy, Hasyim, dan Ripat. Terimakasih untuk setiap dukungan, kebersamaan, dan tawa yang mengiringi langkah-langkah selama perkuliahan, penulis bersyukur dapat tumbuh dan berkembang bersama kalian;
18. Teman csl, Fitri Aulia Syahrani dan Silma Nuraini. Terimakasih telah menjadi pelengkap cerita semasa kuliah di FK Universitas Lampung;
19. Teman seperjuangan debu yaitu Fitri Maharani. Terimakasih atas setiap bantuan yang selalu diberikan kepada penulis selama masa penyusunan skripsi ini;
20. Teman-teman sejawat angkatan 2022 (Troponin-Tropomiosin), terima kasih untuk segala memori indahnya selama 7 semester ini;

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak ketidak sempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi kebermanfaatan bagi para pembacanya.

Bandar Lampung, 15 Desember 2025

Penulis

**Maharani**

## ABSTRAK

# HUBUNGAN ANTARA PAPARAN DEBU PM<sub>10</sub> DENGAN GEJALA KONJUNGTIVITIS IRITATIF PADA PEKERJA BAGIAN PRODUKSI PENGOLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT DI CV. BUMI WARAS WAY LUNIK BANDAR LAMPUNG

Oleh  
MAHARANI

**Latar Belakang:** Konjungtivitis iritatif merupakan salah satu gangguan kesehatan mata yang umum ditemukan pada lingkungan kerja berdebu. Pekerja di industri pengolahan minyak kelapa sawit memiliki risiko tinggi terpapar partikulat halus, seperti PM<sub>10</sub>, yang berpotensi mengiritasi konjungtiva dan memicu gejala konjungtivitis iritatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara paparan debu PM<sub>10</sub> dengan gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja bagian produksi di CV. Bumi Waras Bandar Lampung.

**Metode:** Penelitian ini menggunakan desain *cross-sectional* dengan pendekatan kuantitatif. Populasi penelitian adalah seluruh pekerja bagian produksi di CV. Bumi Waras sebanyak 70 orang, yang bekerja di gudang kernel, gudang *palm kernel oil*, dan gudang *palm kernel expeller*. Pengukuran konsentrasi PM<sub>10</sub> dilakukan menggunakan alat *Air Quality Index Monitor*, sedangkan data gejala konjungtivitis diperoleh melalui pengisian kuesioner. Analisis statistik menggunakan uji *chi-square* untuk mengetahui hubungan antara paparan PM<sub>10</sub> dan gejala konjungtivitis iritatif, dengan tingkat kemaknaan  $p < 0,05$ .

**Hasil:** Hasil pengukuran menunjukkan bahwa 66,7% area kerja memiliki konsentrasi PM<sub>10</sub>  $\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sementara 33,3% berada di bawah baku mutu. Sebanyak 59,1% pekerja mengalami gejala konjungtivitis iritatif, dengan keluhan terbanyak berupa mata berpasir/mengganjal, mata merah, dan mata gatal. Hasil uji *chi-square* menunjukkan terdapat hubungan bermakna antara paparan PM<sub>10</sub> dengan gejala konjungtivitis iritatif ( $p = 0,008$ ), dengan nilai *Prevalence Ratio (PR)* sebesar 4,17 dan *Confidence Interval (CI)* 95% (1,41-12,3).

**Kesimpulan:** Terdapat hubungan signifikan antara paparan debu PM<sub>10</sub> dan gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja bagian produksi di CV. Bumi Waras.

Kata Kunci: konjungtivitis iritatif, minyak kelapa sawit, pekerja, PM<sub>10</sub>.

## ABSTRACT

### THE RELATIONSHIP BETWEEN PM<sub>10</sub> DUST EXPOSURE AND IRRITATIVE CONJUNCTIVITIS SYMPTOMS AMONG PRODUCTION WORKERS IN PALM OIL PROCESSING AT CV. BUMI WARAS WAY LUNIK, BANDAR LAMPUNG

By

MAHARANI

**Background:** Irritative conjunctivitis is one of the most common eye disorders found in dusty work environments. Workers in the palm oil processing industry have a high risk of exposure to fine particulate matter such as PM<sub>10</sub>, which has the potential to irritate the conjunctiva and trigger symptoms of irritative conjunctivitis. This study aimed to determine the relationship between PM<sub>10</sub> dust exposure and irritative conjunctivitis symptoms among production workers at CV. Bumi Waras, Bandar Lampung.

**Methods:** This study employed a cross-sectional quantitative design. The study population consisted of all production workers at CV. Bumi Waras, totaling 70 workers employed in the kernel warehouse, palm kernel oil station, and palm kernel expeller warehouse. PM<sub>10</sub> concentrations were measured using an Air Quality Index Monitor, while data on conjunctivitis symptoms were collected using structured questionnaires. Statistical analysis was conducted using the chi-square test to determine the relationship between PM<sub>10</sub> exposure and irritative conjunctivitis symptoms, with a significance level of  $p < 0.05$ .

**Results:** The results showed that 66.7% of work areas had PM<sub>10</sub> concentrations  $\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , while 33.3% were below the threshold value. A total of 59.1% of workers experienced symptoms of irritative conjunctivitis, with the most common complaints being a gritty sensation, redness, and eye discomfort. The chi-square test indicated a significant association between PM<sub>100</sub> exposure and irritative conjunctivitis symptoms ( $p = 0.008$ ), with a Prevalence Ratio (PR) of 4.17 and a 95% Confidence Interval (CI) of 1.41-12.3.

**Conclusion:** There is a significant relationship between PM<sub>10</sub> dust exposure and irritative conjunctivitis symptoms among production workers at CV. Bumi Waras.

**Keywords:** irritative conjunctivitis, palm oil, Workers, PM<sub>10</sub>

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.3.1 Tujuan Umum .....	5
1.3.2 Tujuan Khusus .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.4.1 Manfaat Ilmu Pengetahuan .....	5
1.4.2 Manfaat bagi Masyarakat.....	6
1.4.3 Manfaat bagi Universitas Lampung.....	6
1.4.4 Manfaat bagi Peneliti .....	6
1.4.5 Manfaat bagi Pekerja .....	7
1.4.6 Manfaat bagi Perusahaan .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Bahaya/ <i>Hazard</i> .....	8
2.1.1 Pengertian <i>Hazard</i> atau Bahaya.....	8
2.1.2 Jenis <i>Hazard</i> .....	9
2.2 Penyakit Akibat Kerja.....	10
2.2.1 Pengertian Penyakit Akibat Kerja.....	10
2.2.2 Faktor Risiko Penyakit Akibat Kerja.....	11
2.2.3 Pencegahan Penyakit Akibat Kerja.....	12
2.3 Minyak Kelapa Sawit dan Proses Pengolahannya .....	13
2.3.1 Industri Kelapa Sawit.....	13
2.3.2 Proses Pengelolaan Minyak Kelapa Sawit.....	14
2.4 Debu dan Paparan Debu di Industri Kelapa Sawit.....	16
2.4.1 Definisi Debu .....	16
2.4.2 Sifat Debu .....	17
2.4.3 Klasifikasi Debu.....	18

2.4.4 Sumber Debu di Pabrik Minyak Kelapa Sawit .....	18
2.4.5 Parameter Udara di Pabrik Minyak Kelapa Sawit .....	20
2.4.6 Nilai Ambang Batas Debu di Lingkungan Kerja .....	21
2.4.7 Alat Pengukur Debu di Udara .....	23
2.4.8 Cara Pengendalian Debu di Pabrik Minyak Kelapa Sawit .....	24
<b>2.5 Konjungtivitis Iritatif .....</b>	<b>26</b>
2.5.1 Definisi Konjungtivitis Iritatif .....	26
2.5.2 Gejala Konjungtivitis Iritatif .....	28
2.5.3 Penyebab dan Faktor Risiko Konjungtivitis Iritatif .....	29
2.5.4 Dampak Konjungtivitis Iritatif pada Produktivitas Kerja .....	31
2.5.5 Cara Pencegahan dan Penanggulangan Konjungtivitis Iritatif	31
2.6 Pengaruh Polusi Udara dengan Konjungtivitis iritatif .....	33
2.7 Mekanisme Paparan Debu dengan Konjungtivitis Iritatif .....	35
2.8 Kerangka Teori .....	36
2.9 Kerangka Konsep .....	37
2.10 Hipotesis Penelitian .....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
3.1 Jenis dan Desain Penelitian .....	38
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	38
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian .....	38
3.3.1 Populasi Penelitian .....	38
3.3.2 Sampel Penelitian .....	38
3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel .....	39
3.4 Identifikasi Variabel Penelitian .....	40
3.4.1 Variabel Independen .....	40
3.4.2 Variabel Dependen .....	40
3.5 Kriteria Sampel .....	40
3.5.1 Kriteria Inklusi .....	40
3.5.2 Kriteria Ekslusi .....	40
3.6 Definisi Operasional .....	42
3.7 Alur Penelitian .....	42
3.8 Instrumen penelitian .....	44
3.9 Validitas dan Reliabilitas .....	44
3.9.1 Validitas data .....	44
3.9.2 Reliabilitas Data .....	45
3.10 Prosedur dan Alur Penelitian .....	46
3.10.1 Prosedur Penelitian .....	46
3.10.2 Alur Penelitian .....	47
3.11 Manajemen Data .....	47
3.11.1 Sumber Data .....	47
3.11.2 Analisis Data .....	48
3.12 Pengolahan Data .....	48
3.12.1 <i>Editing</i> .....	48
3.12.2 <i>Coding</i> .....	49
3.12.3 <i>Processing</i> .....	49
3.12.4 <i>Cleaning</i> .....	49
3.13 Etika Penelitian .....	49

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
4.1 Gambaran Lokasi Penelitian .....	50
4.2 Hasil Penelitian .....	51
4.2.1 Analisis Univariat .....	51
4.2.2 Analisis Bivariat.....	53
4.3 Pembahasan.....	54
4.3.1 Analisis Univariat .....	54
4.3.2 Analisis Bivariat.....	57
4.4 Keterbatasan Penelitian.....	59
<b>BAB V .....</b>	<b>60</b>
5.1 Simpulan .....	60
5.2 Saran.....	60
5.2.1 Bagi Perusahaan.....	60
5.2.2 Bagi Pekerja .....	61
5.2.3 Bagi Peneliti Selanjutnya .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
1. Nilai Ambang Batas (NAB) Debu .....	22
2. Definisi Operasional.....	42
3. Tabel r-hitung.....	45
4. Hasil Uji Reliabilitas .....	46
5. Distribusi Responden Menurut Gejala Konjungrititis Iritatif pada Pekerja Bagian Produksi Minyak Kelapa Sawit .....	51
6. Distribusi Frekuensi Gejala Konjungtivitis Iritatif pada Pekerja Bagian Produksi Minyak Kelapa Sawit.....	52
7. Distribusi Konsentrasi PM <sub>10</sub> Gudang Kernel, Stasiun Palm Kernel Oil, dan Gudang Palm Kernel Expeller di CV. Bumi Waras.....	52
8. Hasil Analisis Bivariat .....	53

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar	Halaman
1. Tanda Konjungtivitis .....	27
2. Kerangka Teori .....	36
3. Kerangka Konsep.....	37
4. Alur Penelitian .....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Lembar <i>Informed</i> .....	70
<b>Lampiran 2.</b> Lembar <i>Consent</i> .....	71
<b>Lampiran 3.</b> Kuesioner Karakteristik Responden .....	72
<b>Lampiran 4.</b> Lembar Kuisioner Penelitian .....	73
<b>Lampiran 5.</b> Surat Izin Penelitian CV. Bumi Waras .....	75
<b>Lampiran 6.</b> Surat Balasan Permohonan Izin Penelitian CV. Bumi Waras .....	76
<b>Lampiran 7.</b> <i>Ethical Clearence</i> Fakultas Kedokteran .....	77
<b>Lampiran 8.</b> Hasil Pengukuran Konsentrasi PM <sub>10</sub> .....	78
<b>Lampiran 9.</b> Dokumentasi .....	80
<b>Lampiran 10.</b> Hasil Analisis data .....	84
<b>Lampiran 11.</b> Hasil Pengisian Kuisioner.....	88

## DAFTAR SINGKATAN

APD	: Alat Perlindungan Diri
CO <sub>2</sub>	: Karbon Dioksida
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
CV	: <i>Commanditaire Vennotschap</i>
ESP	: <i>Electrostatic Precipitor</i>
HVAS	: <i>High Volume Air Sampler</i>
ILO	: <i>International Labour Organization</i>
K3	: Keselamatan dan Kesehatan Kerja
LVAS	: <i>Low Volume Air Sampler</i>
NAB	: Nilai Ambang Batas
NO <sub>2</sub>	: Nitrogen Dioksida
NSAID	: <i>Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug</i>
O <sub>3</sub>	: Ozon
PAK	: Penyakit Akibat Kerja
PDS	: <i>Personal Dust Sampler</i>
PERMENKES RI	: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
PM	: <i>Particulate Matter</i>
PMKS	: Pabrik Minyak Kelapa Sawit
PT	: Perseroan Terbatas
PKE	: <i>Palm Kernel Expeller</i>
PKO	: <i>Palm Kernel Oil</i>
SO <sub>2</sub>	: Sulfur Dioksida
SOP	: <i>Standard Operating Procedure</i>
SPM	: <i>Suspended Particulate Matter</i>
TBS	: Tandan Buah Segar
TSP	: <i>Total Suspended Particulate</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Konjungtivitis iritatif merupakan gangguan kesehatan mata yang sering terjadi akibat paparan zat iritan, termasuk debu. Pada lingkungan kerja seperti pabrik minyak kelapa sawit, pekerja sangat rentan terhadap kondisi ini karena terpapar berbagai partikel debu selama proses produksi berlangsung. Konjungtivitis iritatif merupakan konjungtivitis non-infeksi yang terjadi akibat paparan zat iritan atau toksik pada konjungtiva, seperti bahan kimia, asap, polusi, atau penggunaan obat tetes mata tertentu yang mengandung bahan pengawet (Azari & Arabi, 2020). Gejala yang dapat dirasakan oleh penderita konjungtivitis adalah mata berwarna merah, sekret berlebih, mata tidak nyaman seperti mata menjadi panas, penderita merasakan nyeri, gatal, penglihatan kabur, mata mengganjal seperti ada sensasi benda asing dan mudah menular pada kedua mata (Vitaloka et al., 2024).

Beberapa faktor risiko utama yang dapat menyebabkan terjadinya konjungtivitis iritatif antara lain adalah paparan lingkungan atau bahan kimia iritan seperti debu dan asap yang dapat ditemui pada lingkungan kerja, serta kebersihan diri yang kurang dapat meningkatkan kemungkinan infeksi pada konjungtiva (Vitaloka et al., 2024). Faktor lain yang turut berperan adalah durasi dan masa kerja di lingkungan yang berisiko tinggi karena paparan jangka panjang terhadap iritan dapat meningkatkan risiko iritasi dan gangguan mata, serta tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) khususnya kacamata pelindung yang seharusnya dapat mencegah paparan iritan (Suherni *et al.*, 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa debu PM<sub>10</sub> memiliki toksisitas tinggi yang dapat memberikan efek terhadap kesehatan mata manusia, hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan pada PT. Varia Usaha Beton, Sidoarjo melakukan penelitian paparan PM<sub>10</sub> dan keluhan kesehatan mata menunjukkan sebagian besar pekerja mengeluhkan mata merah (62,5%), mata pedih (81,25%), dan mata gatal (75%) (Pitaloka & Adriyani, 2016). Sedangkan penelitian pada pekerja laki-laki di Proyek RS UPT Vertikal, Makassar menunjukkan bahwa kualitas udara yang buruk terutama partikel debu PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> berkaitan erat dengan iritasi mata dan kelelahan mata (Rahmadani & Mahmud, 2024). Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa paparan debu atau iritan di lingkungan dapat berdampak buruk bagi kesehatan pekerja di tempat kerja yang memiliki paparan debu tinggi. Namun hingga saat ini, belum banyak penelitian secara spesifik mengkaji hubungan antara paparan debu PM<sub>10</sub> dengan gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja di industri minyak kelapa sawit.

Risiko kesehatan yang dihadapi oleh pekerja di industri minyak kelapa sawit adalah paparan terhadap debu terutama debu jenis PM<sub>10</sub>. Proses produksi minyak kelapa sawit berpotensi menghasilkan debu, mulai dari penerimaan tandan buah segar (TBS), proses sterilisasi, pemisah buah, pengempaan, hingga proses pengeringan. Debu yang dihasilkan dari proses tersebut dapat berupa debu organik dari serat dan cangkang kelapa sawit, maupun debu anorganik dari tanah, serta bahan lain yang terbawa selama proses produksi. Paparan debu ini dapat mengiritasi mata pekerja, menyebabkan keluhan seperti mata merah, mata kering, mata gatal, mata pedih serta meningkatkan risiko terjadinya berulang. Selain itu, gangguan penglihatan sementara akibat iritasi mata dapat menurunkan kualitas kerja sehingga secara tidak langsung dapat meningkatkan kecelakaan kerja. (Lestari & Utami, 2023).

Debu merupakan suatu bahan atau partikel yang dianggap melayang di udara (*Suspended Particulate Matter* atau SPM) sehingga penyebarannya dipengaruhi oleh udara, berukuran 1 mikron hingga 500 mikron (Primasanti & Herawati, 2022). *Particulate matter* (PM) adalah debu yang bersifat sementara di atmosfir dan akan mengendap akibat adanya gravitasi (Mareta, 2022). PM<sub>10</sub> adalah jenis debu dengan partikulat padat dan cair yang melayang di udara dengan nilai media ukuran diameter aerodinamik 10 mikron yang terdiri dari ion organik, senyawa logam, elemen organik, senyawa organik, dan senyawa lainnya (Primasanti & Herawati, 2022).

Menurut penelitian *World Health Organization* (WHO) yang dilakukan pada tahun 2016, kota-kota di Amerika, Afrika, Eropa, dan Asia Tenggara mengalami peningkatan PM<sub>10</sub> menjadi 27% di atas nilai rata tahunan pedoman mutu udara WHO sebesar 20 g/m<sup>3</sup> untuk kota. Peningkatan ini di Amerika menjadi 27%, di Afrika menjadi 46%, dan di Asia Tenggara menjadi 56%. Tingginya peningkatan PM<sub>10</sub> di wilayah Asia Tenggara salah satunya diakibatkan dengan tingginya aktivitas industri, dapat memberikan efek buruk pada kesehatan pekerjaan seperti iritasi pada mata dan kulit, bahkan dapat mengganggu sistem pernapasan (Ferial *et al.*, 2021).

Konjungtivitis merupakan penyakit mata yang sangat umum dan sering menjadi alasan kunjungan ke klinik mata maupun pelayanan kesehatan primer di seluruh dunia. Menurut jurnal *Allergology International* (2020), konjungtivitis alergi mempengaruhi sekitar 15-40% populasi dunia. Di Indonesia data terkait konjungtivitis masih terbatas, tetapi menurut beberapa jurnal insidensi konjungtivitis di Indonesia saat ini menduduki tempat kedua (9,7%) dari 10 penyakit mata utama. Konjungtivitis termasuk penyakit terbanyak di rumah sakit di Nusa Tenggara Tengah dengan kasus baru mencapai 68.026, yang terdiri dari

30.250 pasien laki -laki dan 37.776 pasien perempuan (Berliani, 2023). Studi di Rumah Sakit Mata Makassar pada tahun 2023 menunjukkan konjungtivitis paling sering terjadi pada kelompok usia produktif (18-45 tahun), dengan prevalensi konjungtivitis alergi sekitar 39% dan lebih banyak ditemukan pada wanita (Amaliyah *et al.*, 2024).

Mekanisme konjungtivitis iritatif akibat paparan debu terjadi ketika zat iritan seperti debu masuk ke mata dan menyebabkan kerusakan langsung pada sel epitel konjungtiva. Kerusakan ini memicu reaksi inflamasi lokal yang meliputi pembesaran dan pelebaran pembuluh darah konjungtiva (vasodilatasi), sehingga mata menjadi merah. Selain itu, terjadi infiltrasi sel-sel inflamasi ke jaringan konjungtiva dan produksi eksudat berupa air mata dan sekret sebagai mekanisme pertahanan tubuh. Inflamasi ini juga menyebabkan pembengkakan pada *papilla*, sensasi seperti ada benda asing, gatal, dan peningkatan sekresi air mata untuk melarutkan dan mengeluarkan zat iritan tersebut (Zulfiqar *et al.*, 2024).

Salah satu industri pengolahan kelapa sawit terbesar dan tertua di wilayah Bandar Lampung adalah CV. Bumi Waras yang memiliki aktivitas produksi yang intensif dan berpotensi menghasilkan paparan debu, khususnya partikel debu halus seperti PM<sub>10</sub>. Bagian produksi pada pabrik ini menunjukkan tingkat paparan debu yang relatif tinggi, sehingga sangat relevan untuk diteliti terkait dampaknya terhadap kesehatan pekerja. Berdasarkan hasil survei awal dan wawancara yang dilakukan pada maret 2025 dengan pihak perusahaan serta beberapa pekerja, ditemukan adanya dua keluhan utama yang sering dialami, yaitu gangguan pernapasan dan mata merah akibat iritasi debu. Kondisi ini mengindikasikan kemungkinan adanya gejala konjungtivitis iritatif yang berhubungan dengan paparan debu di lingkungan kerja. Selain itu, fasilitas yang memadai dan jumlah pekerja yang cukup besar mendukung pengambilan data yang representatif sehingga meningkatkan validitas penelitian. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, peneliti

tertarik untuk mengkaji adanya hubungan antara paparan debu dengan gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja bagian produksi di CV. Bumi Waras.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara paparan debu dengan konjungtivitis iritatif pada pekerja bagian produksi pengolahan minyak kelapa sawit di CV. Bumi Waras.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Tujuan Umum**

Untuk menganalisis antara hubungan paparan debu dengan gejala konjungtivitis pada pekerja bagian produksi di CV.Bumi Waras.

### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Mengidentifikasi tingkat paparan debu pada pekerja bagian produksi pengolahan kelapa sawit di CV. Bumi Waras.
2. Mengidentifikasi gejala konjungtivitis iritatif yang dialami pekerja bagian produksi pengolahan kelapa sawit di CV.Bumi Waras.
3. Menganalisis hubungan antara paparan debu dengan gejala konjungtivitis pada pekerja bagian produksi di CV.Bumi Waras.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Manfaat Ilmu Pengetahuan**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang dampak lingkungan kerja terhadap kesehatan mata, terutama terkait dengan paparan debu yang dapat menyebabkan konjungtivitis iritatif. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya terkait hubungan paparan debu dengan gejala konjungtivitis iritatif serta dapat menjadi landasan pengembangan

metode latihan yang lebih efektif untuk meningkatkan kesehatan, produktivitas, serta kualitas pekerja di tempat kerja.

#### **1.4.2 Manfaat bagi Masyarakat**

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat, khususnya para pekerja yang beresiko terpapar polutan debu, mengenai potensi bahaya yang dapat timbul akibat paparan debu terhadap kesehatan mata khususnya konjungtivitis iritatif sehingga penelitian ini dapat menjadi referensi bagi masyarakat umum dalam memahami potensi bahaya yang dapat terjadi akibat polusi udara terkhususnya akibat debu.

#### **1.4.3 Manfaat bagi Universitas Lampung**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan dalam bidang ilmu kesehatan dan keselamatan kerja di Universitas Lampung, khususnya terkait faktor paparan debu dengan gejala konjungtivitis iritatif. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya terkait hubungan paparan debu dengan gejala konjungtivitis iritatif.

#### **1.4.4 Manfaat bagi Peneliti**

Penelitian ini memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mengembangkan kemampuan dalam menyusun dan melaksanakan penelitian ilmiah di bidang kesehatan kerja. Selain itu, penelitian ini juga memperluas wawasan dan pemahaman peneliti mengenai hubungan antara faktor lingkungan kerja, khususnya paparan debu, dengan gangguan kesehatan mata seperti konjungtivitis iritatif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi akademis serta pengalaman yang berharga dalam praktik penelitian di lapangan.

#### **1.4.5 Manfaat bagi Pekerja**

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan serta pemahaman yang lebih baik tentang dampak yang dapat timbul dari paparan debu dilingkungan kerja yang dapat memengaruhi kesehatan mata pekerja,khususnya terkait dengan gejala konjungtivitis. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu pekerja dan perusahaan untuk lebih waspada terhadap bahaya kesehatan yang mungkin dapat terjadi.

#### **1.4.6 Manfaat bagi Perusahaan**

Penelitian yang sudah dilakukan diharapkan dapat membantu perusahaan untuk memahami serta mengurangi risiko kesehatan mata bagi pekerja yang terpapar langsung oleh debu. Dengan demikian, perusahaan akan dapat memastikan kesejahteraan karyawan tetap terjaga sehingga dapat meningkatkan kualitas serta produktivitas pekerja.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bahaya/*Hazard***

##### **2.1.1 Pengertian *Hazard* atau Bahaya**

Definisi *hazard* atau bahaya merupakan segala sumber, situasi, atau aktivitas yang dapat berpotensi menimbulkan kerugian, baik itu kerusakan fisik, cedera, atau bahkan kehilangan nyawa. Dalam konteks manajemen risiko, *hazard* merujuk pada potensi yang dapat mempengaruhi individu, organisasi maupun lingkungan. Dalam kata lain pengertian *hazard* adalah fenomena, zat, aktivitas manusia atau kondisi berbahaya yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa, cedera atau dampak kesehatan lainnya, kerusakan properti, hilangnya mata pencaharian dan layanan, gangguan sosial dan ekonomi, atau kerusakan lingkungan (Nando & Yuamita, 2021).

Bahaya memiliki arti segala sesuatu termasuk situasi atau tindakan yang berpotensi untuk menimbulkan kecelakaan atau cidera pada manusia, kerusakan atau gangguan lainnya (Nur *et al.*, 2021). Bahaya atau *hazard* yang tidak terkendalikan akan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja merupakan sesuatu yang tidak terencana, tidak terkontrol, dan sesuatu hal yang tidak diperkirakan sebelumnya sehingga mengganggu efektivitas kerja seseorang (Ramadhanti *et al.*, 2023).

### 2.1.2 Jenis *Hazard*

Jenis bahaya kerja atau *hazard* kerja secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori utama yaitu:

#### 1. Bahaya keselamatan kerja (*Safety Hazard*)

Merupakan bahaya yang dapat menimbulkan kecelakaan fisik, luka, kematian, atau kerusakan properti. Berikut merupakan jenis-jenis *Safety Hazard*:

- a. Bahaya Mekanik: Bahaya yang bersumber dari peralatan mekanis seperti penggunaan mesin atau alat kerja. Bahaya yang dapat dihasilkan oleh bahaya jenis ini adalah seperti cedera terjepit, tersayat, terpotong atau tertindih.
- b. Bahaya Elektrik: Bahaya yang bersumber dari energi listrik sehingga bahaya jenis ini dapat menghasilkan cedera berupa kebakaran ataupun sengatan listrik.
- c. Bahaya Kebakaran: Bahaya yang dapat ditimbulkan dari sumber api, bahan yang mudah terbakar ataupun kondisi yang memungkinkan api menyebar.
- d. Bahaya Peledakan: Bahaya yang dapat timbul akibat dari reaksi kimia, fisik, atau mekanis dari bahan-bahan tertentu seperti gas (Wisudawati & Patradhiani, 2020).

#### 2. Bahaya Kesehatan Kerja (*Health Hazard*)

yaitu bahaya kerja yang berdampak pada kesehatan pekerja sehingga menyebabkan gangguan kesehatan dan penyakit akibat kerja. Berikut ini merupakan jenis-jenis *Health Hazard*:

- a. Bahaya Fisik: Bahaya yang dipengaruhi oleh lingkungan sekitar atau dipengaruhi paparan macam bentuk energi yang membahayakan pada fisik bekerja meliputi suhu ekstrem, radiasi, tekanan, getaran, sumber pencahayaan yang buruk, dan kebisingan berlebih serta paparan debu.
- b. Bahaya Kimia: Muncul ketika saat pekerja terkena segala bentuk zat kimia yang berada pada tempat kerjanya.

- c. Bahaya Biologis: Potensi bahaya yang berhubungan dengan hal biologi dari organisme dan mikroorganisme seperti hewan, manusia serta tanaman yang terinfeksi penyakit. Contohnya bakteri, virus, dan jamur.
- d. Bahaya Ergonomi: Bahaya yang dapat timbul dari tempat kerja yang tidak sesuai dengan kondisi fisik pekerja atau cara bekerja yang tidak sesuai. Seperti pengangkatan beban berat.
- e. Bahaya Psikososial: Potensi bahaya yang memberikan efek pada sisi psikososial para pekerja, serta kemampuan berpartisipasi dengan pekerja lainnya dalam lingkungan kerja. Hal ini mencakup masalah kesehatan mental seperti depresi, kecemasan, stres, serta kejadian kekerasan, agresi dan intimidasi di tempat kerja (Sucirahayu *et al.*, 2023).

## 2.2 Penyakit Akibat Kerja

### 2.2.1 Pengertian Penyakit Akibat Kerja

Penyakit Akibat Kerja (PAK) atau *Occupational Disease* merupakan suatu penyakit atau keadaan kesehatan yang diakibatkan oleh rutinitas pekerjaan atau lingkungan kerja. Penyakit akibat kerja dapat ditimbulkan dari berbagai faktor contohnya dari faktor pekerjaan itu sendiri, proses kerja, alat kerja yang dipakai, lingkungan kerja dan juga bahan yang dipakai untuk bekerja (Safitri *et al.*, 2023). Oleh karena itu, semakin lengkapnya fasilitas yang disediakan untuk menjaga keselamatan kerja di suatu tempat kerja itu maka akan semakin sedikit kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja (Tobing, 2022).

Menurut WHO, penyakit akibat kerja dapat diartikan sebagai gangguan kesehatan yang muncul akibat faktor risiko yang ada pada lingkungan pekerjaan. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PERMENKES RI) Nomor 11 tahun

2022 mengartikan PAK adalah penyakit yang ditimbulkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja (Kementerian Ketenagakerjaan, 2022).

Berdasarkan data yang dirilis oleh *International Labour Organization* (ILO) tahun 2018, diperkirakan bahwa 2,78 juta pekerja meninggal setiap tahunnya dikarenakan PAK (2,4 juta) dan kecelakaan kerja (0,38 juta). Menurut profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022, data kasus PAK di Indonesia pada tahun 2022, yaitu 753 kasus (Yuli *et al.*, 2022).

### **2.2.2 Faktor Risiko Penyakit Akibat Kerja**

Faktor risiko PAK adalah berbagai kondisi dan bahaya yang dihadapi oleh pekerja di lingkungan kerja yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan atau penyakit. Dengan demikian, PAK juga dapat dikatakan sebagai penyakit artifisial atau *man made disease*. Faktor yang dapat mempengaruhi kondisi kesehatan pekerja adalah kondisi lingkungan kerja dan proses produksi yang memiliki potensi bahaya seperti bahaya fisik, kimia, biologi, ergonomi dan psikososial (Hutapea *et al.*, 2024).

Penyakit akibat kerja memiliki beberapa penyebab yang umum terjadi di tempat kerja, berikut ini merupakan beberapa jenis penggolongan faktor penyebab PAK:

1. Golongan Fisik: kebisingan, suhu panas, suhu dingin, getaran lokal, getaran seluruh tubuh, dan ketinggian.
2. Golongan Kimia: debu anorganik (contoh debu silika, debu semen), debu organik seperti kapas, tekstil, gandum, asap, dan bahan kimia berbahaya seperti logam berta, pelarut organik, iritan asam/basa, pestisida, uap logam, dan cairan pembersih seperti amonia, klor, kaporit, dan lain-lain.

3. Golongan Biologi: bakteri, virus, jamur, parasit, darah dan cairan tubuh lain, nyamuk atau serangga, dan limbah atau kotoran manusia dan hewan.
4. Golongan Ergonomi: gerakan berulang dengan tangan, angkat atau angkut berat, duduk lama >4 jam terus menerus, berdiri lama >4 jam terus menerus, posisi tubuh tidak ergonomis, pencahayaan tidak sesuai, dan bekerja dengan layar/monitor 4 jam/lebih dalam sehari.
5. Golongan Psikososial: beban kerja yang tidak sesuai dengan waktu dan jumlah pekerjaan, pekerjaan tidak sesuai dengan pengetahuan dan keterampilan, ketidakjelasan tugas, hambatan jenjang karir, bekerja gilir (*shift*), konflik dengan teman sekerja, dan konflik keluarga yang sedang dialami (Safitri *et al.*, 2023).

Selain faktor yang sudah dijelaskan diatas faktor lain yang dapat menyebabkan PAK adalah faktor dari pekerja itu sendiri seperti ceroboh, tidak patuh terhadap peraturan *safety*, kelalaian, atau karena alam yang tidak dapat diprediksi (Rahma *et al.*, 2022).

### **2.2.3 Pencegahan Penyakit Akibat Kerja**

Pencegahan PAK merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan keselamatan kerja para pekerja di suatu lingkungan pekerjaan. Hal ini penting yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari berbagai risiko yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan maupun kecelakaan kerja. Pencegahan penyakit *five level of prevention disease* pada PAK, yaitu sebagai berikut :

1. Peningkatan kesehatan (*health promotion*),
2. Perlindungan khusus (*specific protection*),
3. Diagnosis (deteksi) dini dan pengobatan segera serta pembatasan titik- titik lemah untuk mencegah terjadinya komplikasi,
4. Membatasi kemungkinan cacat (*disability limitation*),
5. Pemulihan kesehatan (*rehabilitation*) (Rahma *et al.*, 2022).

Penyakit akibat kerja umumnya bersifat *irreversible*, sehingga upaya pencegahan menjadi sangat krusial untuk mencegah timbulnya kasus serupa pada pekerja lain dengan tingkat risiko yang sama. Menurut Permenkes RI nomor 56 tahun 2016, upaya pencegahan PAK antara lain:

1. Dengan melakukan identifikasi potensi bahaya penyakit akibat kerja.
2. Promosi kesehatan kerja sesuai dengan hasil identifikasi potensi bahaya yang ada di tempat kerja.
3. Melakukan pengendalian potensi bahaya di tempat kerja.
4. Pemberian informasi mengenai APD yang sesuai dengan potensi bahaya yang ada di tempat kerja dan cara pemakaian APD yang benar.
5. Pemberian imunisasi bagi pekerja yang terpajan dengan agen biologi tertentu (Kemenkes RI, 2016).

## 2.3 Minyak Kelapa Sawit dan Proses Pengolahannya

### 2.3.1 Industri Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan jenis tumbuhan yang termasuk dalam genus *Elaeis* dan *ordo Arecaceae* yang biasa digunakan dalam usaha pertanian komersial untuk memproduksi minyak sawit. Tumbuhan industri ini dapat dipakai untuk bahan baku penghasil minyak kelapa sawit, minyak industri, maupun bahan bakar. Selain itu sawit juga dapat digunakan untuk kebutuhan kendaraan bermotor, sebagai campuran bahan biodesel. Minyak kelapa sawit yang sudah diolah juga dapat menjadi bahan baku pembuatan cat dan pasta gigi (Parlupi *et al.*, 2019).

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas perkebunan mencapai 14,6 juta hektar pada tahun 2023, menyumbang sekitar 58% dari total produksi minyak sawit

global (Ding *et al.*, 2021). Industri minyak kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis yang berkembang pesat di Indonesia, mengingat negara ini menempati posisi teratas produsen minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) terbesar di dunia. Produksi minyak kelapa sawit tidak hanya memenuhi kebutuhan domestik saja tetapi juga menjadi komoditas ekspor utama yang memberikan kontribusi signifikan terhadap devisa negara. Proses pengelolahan tandan buah segar kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit mentah melibatkan serangkaian tahapan yang harus memenuhi standar mutu agar produk yang dihasilkan dapat bersaing di pasar nasional maupun internasional.

Sentra komoditas sawit Indonesia adalah Pulau Sumatra dengan lebih dari 2,4 juta petani swadaya yang berkontribusi pada 16 juta tenaga kerja. Provinsi Lampung adalah pusat pengembangan kelapa sawit di Sumatra dengan produksi 203.893 ton dan produktivitas rata-rata 2,2 ton per ha, kebun kelapa sawit Provinsi Lampung mencapai 109.976 ha pada tahun 2021, memberikan pekerjaan kepada 123.933 kepala keluarga petani dan mempekerjakan 63.113 orang (Prasmatiwi *et al.*, 2023). Dengan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian daerah dan penyediaan lapangan kerja bagi ratusan ribu masyarakat, pengembangan kelapa sawit di Provinsi Lampung memegang peranan penting dalam mendukung ketahanan ekonomi regional sekaligus menjadi pilar utama dalam pembangunan sektor agribisnis berkelanjutan di Indonesia.

### **2.3.2 Proses Pengelolaan Minyak Kelapa Sawit**

Proses pengelolahan CPO ini melibatkan beberapa tahapan penting yang dimulai dari penerimaan bahan baku hingga penyimpanan produk akhir. Tahapan – tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penerimaan dan penimbangan TBS: TBS yang berasal dari kebun dipasok ke pabrik lalu ditimbang di jembatan timbang untuk mengetahui bahan baku yang masuk.
2. Proses sortasi: Setelah dilakukan penerimaan dan penimbangan. TBS akan disortir untuk memisahkan buah yang matang sempurna dari buah yang kurang matang atau busuk. Pada tahap ini bertujuan untuk memastikan hanya buah yang berkualitas yang akan diolah.
3. Proses sterilisasi: TBS yang telah dilakukan pensortiran kemudian akan dimasukkan kedalam *sterilizer* untuk dikukus menggunakan uap panas pada tekanan yang telah ditentukan. Pada tahap ini berfungsi untuk menghentikan aktivitas enzim, melunakkan buah, dan memudahkan pemisahan biji dari daging buah.
4. Proses penebahan (*threshing*): TBS dipisahkan antara tandan kosong (*empty bunches*) dan buah sawit (*loose fruits*) menggunakan mesin penebah (*thresher*).
5. Pengempaan (*pressing*): buah sawit yang sudah terlepas dari tandannya kemudian akan diolah di stasiun pengempaan. Buah-buah ini terlebih dahulu dihancurkan di *digester*, lalu akan diperas menggunakan mesin *press* untuk mengekstrak minyak kasar.
6. Proses pemurnian (*clarification*): Minyak kasar hasil pengempaan dipisahkan dari kotoran dan air melalui proses klarifikasi yang meliputi pemanasan, pengendapan, dan penyaringan. Proses ini akan menghasilkan minyak kelapa sawit mentah yang lebih bersih.
7. Stasiun kernel: prosedur yang memisahkan biji (kernel) dari cangkang dan seratnya. *Depricarper* akan digunakan untuk memisahkan inti dan serat, kipas atau blower akan menarik massa serat yang ringan, dan inti akan menjalani pemrosesan lebih lanjut untuk dipisahkan dari cangkang. Inti akan disimpan

di bunker inti sebelum dijual setelah dikeluarkan dari serat dan cangkang dan melewati mesin pengering kernel *try dryer* untuk menurunkan kadar airnya. Sebaliknya, bahan bakar boiler dibuat dari serat dan cangkang (Sinulingga, 2022).

8. Pengeringan dan penyimpanan: CPO yang telah dimurnikan akan dikeringkan untuk mengurangi kadar air dan selanjutnya disimpan di tangka sebelum dipasarkan atau diolah lebih lanjut.
9. Bunker inti: tempat penyimpanan palm kernel sebelum di perjual belikan (Sinulingga, 2022).
10. Stasiun boiler: penggunaan pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit masih merupakan pilihan yang menguntungkan (Rahardja *et al.*, 2022). Boiler merupakan alat yang menghasilkan listrik dengan cara membakar cangkang kelapa sawit dan seratnya. Drum besar boiler (drum atas) menampung air yang dipanaskan oleh api dari proses pembakaran. Uap basah kemudian dibuat dan dikirim melalui pipa di sisi drum yang lebih kecil (drum bawah) untuk diubah menjadi uap kering yang menghasilkan listrik. Air kemudian mengalir ke turbin sebagai penggerak mesin pengolah (Sinulingga, 2022). Kegunaan utama boiler adalah untuk menghasilkan uap, yang digunakan dalam proses perebusan (*sterilizer*) dan pemurnian minyak kelapa sawit mentah dalam produksi minyak kelapa sawit. Satu unit boiler di pabrik kelapa sawit berfungsi untuk tujuan tersebut di samping menghasilkan energi listrik untuk lingkungan pabrik dan proses produksi (Rahardja *et al.*, 2022).

## 2.4 Debu dan Paparan Debu di Industri Kelapa Sawit

### 2.4.1 Definisi Debu

Debu adalah suatu partikel yang dapat melayang di udara bebas atau disebut juga *Suspended Particulate Matter* (SPM) dan dianggap sebagai salah satu polusi udara yang memiliki tingkat toksisitas yang

tinggi terhadap kesehatan manusia (Primasanti & Herawati, 2022). Debu merupakan suatu partikel padat yang dapat dihasilkan dari alam itu sendiri atau manusia yang disebabkan oleh suatu proses industri dan hasilnya dapat menyebabkan debu yang akan dipompakan ke udara bebas (Mauliddiyah, 2021).

Ukuran partikel debu umumnya bervariasi dari sekitar 0,1 mikron hingga lebih dari 100 mikron. Partikel debu yang berukuran sangat kecil seperti PM<sub>2,5</sub> yang memiliki diameter 2,5 atau kurang dapat sangat membahayakan kesehatan manusia karena ukurannya yang sangat kecil debu jenis ini tidak hanya dapat mengganggu kesehatan paru-paru dengan mengendap di alveoli paru-paru tetapi juga dapat berpotensi membahayakan kesehatan organ lain seperti dapat mengiritasi mata (Abidin *et al.*, 2021). Menurut studi lain, partikel debu yang melayang diudara SPM memiliki ukuran mulai dari 1 mikron hingga 500 mikron, dengan debu berukuran antara 1 hingga 10 mikron yang termasuk dalam kategori debu yang umum ditemukan di industri (Primasanti & Herawati, 2022).

#### 2.4.2 Sifat Debu

Partikel debu yang berada diudara memiliki berbagai sifat tersendiri. Menurut Departemen Kesehatan RI yang dikutip oleh Ilma (2024) adalah sebagai berikut:

1. Sifat pengendapan

Debu cenderung memiliki sifat pengendapan disebabkan gaya gravitasi bumi. Namun mengingat ukuran debu yang memiliki ukuran sangat kecil, sehingga debu relatif akan lebih mudah terbawa oleh angin sehingga akan cenderung melayang diudara bebas.

2. Sifat permukaan debu yang selalu basah

Sifat debu yang selalu basah dikarenakan dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis dan ini penting untuk pengendalian debu

ditempat kerja sehingga sifat ini dapat mempengaruhi debu untuk menempel dengan debu lainnya dan dapat dengan mudah menggumpal karena saling melekat satu sama lain. Oleh karena itu semakin banyak sifat basah pada debu akan membuat partikel debu menjadi besar.

3. Debu memiliki sifat listrik statis  
Debu dapat menarik partikel lain yang berlawanan sehingga partikel dalam larutan debu akan mempercepat terjadinya proses penggumpalan.
4. Sifat optis partikel debu yang basah atau lembab membuat debu dapat memancarkan sinar sehingga saat di dalam ruangan yang gelap debu akan dapat terlihat (Putri, 2024).

#### 2.4.3 Klasifikasi Debu

Partikulat debu terbagi menjadi 3 kelompok menurut ukurannya:

1. Debu *inhalable*: debu jenis ini dapat terhirup ke dalam mulut atau hidung dan dapat berbahaya bila debu terperangkap disaluran pernapasan.
2. Debu *thoracic*: partikulat debu jenis ini dapat masuk kedalam saluran pernapasan atas dan masuk kedalam saluran udara di paru-paru.
3. Debu *respirable*: merupakan partikulat *airbone* yang dapat terhirup mencapai ke daerah *bronchiola* hingga alveoli pada sistem pernapasan manusia. Partikulat debu jenis ini sangat berbahaya jika tertimbun di *alveoli* (Putri, 2024).

#### 2.4.4 Sumber Debu di Pabrik Minyak Kelapa Sawit

Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) merupakan industri yang memeroses TBS kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah CPO dan produk turunannya. Dalam operasional PKMS, terdapat berbagai tahapan proses yang dapat menghasilkan debu. Sumber debu di lingkungan pabrik sawit umumnya berasal dari stasiun boiler

dan kernel, terutama akibat proses pembakaran bahan bakar dan pemecahan cangkang sawit. Berdasarkan jurnal “*Estimation of Particulate Emission Generation in Palm Oil Mill Boiler*” oleh NR Jamian *et al.* (2020) sumber utama debu dipabrik pengolahan minyak kelapa sawit berasal dari proses pembakaran biomassa di dalam boiler. Pembakaran limbah biomassa (*palm fibre and shell*) ini merupakan suatu proses pembakaran biomassa yang akan menghasilkan abu dan partikulat yang terlepas ke udara melalui cerobong (*stack*) yang berpotensi mengganggu kesehatan pekerjanya. Proses pembakaran ini akan menghasilkan partikel debu dan asap yang mengandung PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> yang merupakan partikel halus yang dapat berbahaya (Siregar, 2023). Selain dari stasiun boiler berikut adalah sumber-sumber yang dapat menghasilkan debu di pabrik minyak kelapa sawit:

1. Stasiun penerimaan dan penimbangan

Pada area penerimaan TBS, debu dapat dihasilkan dari aktivitas bongkar muat TBS dari truk pengangkut, Pergerakan kendaraan di area pabrik yang menghasilkan debu jalan, debu organik dari buah sawit yang rusak atau terlepas dari tandanya, serta potongan daun, tungkai, dan material tanah yang ikut terbawa bersama TBS.

2. Area penyimpanan dan transportasi bahan baku/sisa

Gudang penyimpanan bungkil, serat, cangkak dan abu ini merupakan titik potensial timbulnya debu, terutama saat material dipindahkan atau terkena angin.

3. Proses pengolahan inti sawit (kernel)

Pada proses ini pemecahan cangkang (*nut cracking*) yang dapat menghasilkan serpihan dan debu dari cangkang, proses pengayakan (*screening*) untuk memisahkan kernel dari cangkang dan pengeringan kernel, dimana partikel-partikel halus dapat terangkat ke udara.

#### 2.4.5 Parameter Udara di Pabrik Minyak Kelapa Sawit

Kondisi udara di lingkungan pabrik minyak kelapa sawit dipengaruhi oleh berbagai aktivitas proses produksi yang dapat menghasilkan emisi partikel dan gas. Untuk mengevaluasi dampak lingkungan serta menjaga kualitas udara, diperlukan pengukuran terhadap beberapa parameter udara. Parameter-parameter tersebut mencakup partikel total (*Total Suspended Particulate* atau TSP), partikel halus (PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub>), suhu, kelembaban relatif, dan kecepatan angin. Pemahaman terhadap parameter ini sangat penting dalam upaya pengendalian pencemaran udara dan perlindungan kesehatan para pekerja maupun masyarakat sekitar. Berikut parameter polutan yang umumnya dapat ditemukan dipabrik minyak kelapa sawit

1. PM<sub>10</sub>: Salah satu indikator yang digunakan untuk menunjukkan tingkat kandungan debu di udara adalah PM<sub>10</sub>, yang merupakan partikulat padat atau cair dengan diameter aerodinamis kurang dari 10 mikron. Salah satu faktor yang memengaruhi kandungan PM<sub>10</sub> adalah partikulat dari knalpot kendaraan bermotor. Pengaruh PM<sub>10</sub> terhadap udara sekitar sangat signifikan (Pamungkas, 2022). Partikel ini dianggap sebagai polutan karena mampu menembus saluran pernapasan lebih dalam.
2. PM<sub>2,5</sub>: yang disebut juga *fine particule* Salah satu indikator utama kualitas udara adalah konsentrasi PM<sub>2,5</sub> di udara. *Particulate matter* adalah debu yang bersifat sementara di atmosfer dan akan mengendap akibat adanya gravitasi(Mareta, 2022). PM<sub>2,5</sub> memiliki diameter 2,5 mikrometer atau lebih kecil, lebih kecil dari lebar rata-rata rambut manusia, yaitu 75 mikrometer. Selain itu, PM<sub>2,5</sub> terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, bahan organik, plastik, dan karet (Pamungkas, 2022). Oleh karena ukurannya yang terhitung sangat kecil akan ada kemungkinan bahwa partikulat ini dapat mengganggu kesehatan mata manusia.

3. Gas polutan: gas polutan atau gas pencemar udara yang dapat ditemukan pada pabrik minyak kelapa sawit dari hasil emisi jenset (*generator*), boiler, dan tungku bakar untuk membakar tangkos (tandan kosong) kelapa sawit (Sari, 2020) adalah antara lain :
  - a. Karbon dioksida ( $CO_2$ ) merupakan hasil dari pembakaran biomassa (serat dan cangkang sawit) serta dari proses pengolahan limbah kelapa sawit (Muhammad et al., 2022).
  - b. Sulfur Dioksida ( $SO_2$ ) pada pabrik minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari emisi pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur di boiler. Boiler di pabrik minyak kelapa sawit umumnya menggunakan biomassa atau bahan bakar fosil yang dapat mengandung sulfur. Polutan gas ini ketika bercampur dengan uap air dapat berubah menjadi asam dan jatuh kembali ke bumi sebagai hujan asam (Sari, 2020).
  - c. Nitrogen Oksida ( $NO_2$ ), gas polutan jenis ini umumnya dapat ditemukan pada pabrik minyak kelapa sawit karena terdapat proses pembakaran suhu tinggi di jenset, boiler, dan tungku pembakaran tandan kosong kelapa sawit (Sari, 2020).
  - d. Dinitrogen Oksida ( $N_2O$ ) yang terjadi sebagai emisi gas rumah kaca dari pembakaran biomassa di pabrik kelapa sawit (Sulastri & Andika, 2024).
  - e. Ozon ( $O_3$ )
4. Parameter lingkungan lain:
  - a. Suhu udara
  - b. Kelembaban relatif
  - c. Kecepatan angin

#### **2.4.6 Nilai Ambang Batas Debu di Lingkungan Kerja**

Udara merupakan faktor penting dalam kehidupan, dengan meningkatnya perindustrian kualitas udara pada tempat kerja

mengalami perubahan yang disebabkan pencemaran udara akibat aktivitas mekanis yaitu mesin-mesin yang selalu digunakan untuk keperluan produksi. Nilai Ambang Batas (NAB) debu di lingkungan kerja adalah batas maksimum konsentrasi debu di udara tempat kerja yang masih dapat diterima oleh pekerja tanpa menimbulkan gangguan kesehatan atau penyakit akibat kerja, untuk waktu standar 8 jam per hari dan 40 jam per minggu (Adinda, 2022).

**Tabel 1.** Nilai Ambang Batas (NAB) Debu

No	Jenis debu	Nilai Ambang Batas (NAB)	Keterangan
1.	Debu total ( <i>Total Dust</i> )	10 mg/m <sup>3</sup>	Paparan selama 8 jam kerja
2.	Debu Terhirup ( <i>Respirable Dust</i> )	4 mg/m <sup>3</sup>	Paparan selama 8 jam kerja

Sumber: *Health and Safety Executive* (2020)

Standar PM<sub>10</sub> dalam udara ambien berdasarkan *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) US.EPA tahun 2012 ialah 150 µg/m<sup>3</sup> (0,15 mg/m<sup>3</sup>). Sedangkan untuk *occupational* berdasarkan Occupational Safety and Health Administration (OSHA) bahwa batas paparan PM<sub>10</sub> yang diizinkan pada tempat kerja/ *permissible Exposure Limit* (PEL) ialah sebesar 5000 µg/m<sup>3</sup>, ekivalen dengan 5 mg/m<sup>3</sup>. Di Indonesia sendiri standar yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 tahun 2010 untuk Baku Mutu Udara Ambien Nasional sebesar 150 µg/Nm<sup>3</sup> (0,15 mg/m<sup>3</sup>). Sedangkan yang terbaru menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Baku Mutu Udara Ambien Nasional 24 jam untuk PM<sub>10</sub> adalah 75 µg/m<sup>3</sup> dan 40 µg/m<sup>3</sup> untuk periode 1 tahun (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

#### 2.4.7 Alat Pengukur Debu di Udara

Tujuan mengukur kadar debu di udara untuk mengetahui kadar debu terhadap suatu lingkungan tersebut aman dan sehat bagi orang di sekitarnya. Berikut merupakan alat-alat yang biasa digunakan untuk pengukuran sampel debu di udara:

1. *Air Quality Index Monitor* merupakan alat yang biasa digunakan untuk mengukur kualitas udara seperti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>. Alat ini bekerja dengan menggunakan dua sistem sensor utama, yaitu sensor elektrokimia dan sensor optik berbasis hamburan cahaya (*light scattering*). Sensor elektrokimia berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi gas seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) melalui reaksi kimia yang menghasilkan perubahan sinyal listrik. Besarnya perubahan sinyal tersebut dikonversi menjadi nilai konsentrasi gas dengan satuan *parts per million* (ppm). Sementara itu, sensor optik berbasis hamburan cahaya digunakan untuk mengukur konsentrasi partikel udara (*Particulate Matter*) berukuran PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub>. Prinsip kerjanya adalah ketika partikel melintasi area deteksi sensor, cahaya yang dipancarkan akan terhambur oleh partikel tersebut. Intensitas hamburan cahaya yang terdeteksi oleh fotodiode kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan dikonversi menjadi nilai konsentrasi partikel dalam satuan mikrogram per meter kubik ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Verojenases *et al.*, 2025).
2. Nephelometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi partikulat seperti PM<sub>2.5</sub> di udara dengan mendeteksi dan mengukur cahaya yang tersebar (*scattering*) oleh partikel-partikel tersebut. Data yang dihasilkan berupa koefisien hamburan cahaya (*scattering coefficient/Bscat*) yang kemudian dikonversi menjadi konsentrasi massa partikel menggunakan persamaan kalibrasi tertentu dan menghasilkan nilai yang menunjukkan jumlah partikel dalam satuan mikrogram per meter kubik ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Schollaert *et al.*, 2023). Alat ini sering

digunakan sebagai alat pengukuran debu yang cepat dan otomatis dengan kemampuan memberikan hasil secara *realtime*. Nephelometer akan mengimkan cahaya (biasanya inframerah) melalui kolom udara yang mengandung partikel debu, lalu partikel-partikel ini yang akan menghamburkan cahaya tersebut, dan intensitas hamburan ini sebanding dengan konsentrasi debu di udara (Fatkhurrahman *et al.*, 2016). Alat ini sering digunakan terutama untuk mengukur partikel halus (PM) seperti PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub>.

3. *High Volume Air Sampler* (HVAS) yaitu alat yang digunakan untuk mengambil sampel partikel debu atau zat-zat yang mengambang di udara dengan cara menghisap udara dalam volume besar melalui sistem pompa vakum dan melewatkannya ke filter. Alat ini mampu menghisap udara ambien dengan pompa berkecepatan 1,1-1,7 m<sup>3</sup>/menit (Rahmillah, 2020).
4. *Low Volume Air Sampler* (LVAS) yaitu alat yang digunakan untuk mengambil sampel partikel udara dengan laju aliran udara yang relatif rendah. Pengukuran kadar debu menggunakan alat jenis ini yaitu dengan menghidung hasil dari timbangan berat kertas saring sebelum dan sesudah pengukuran (Rahmillah, 2020)
5. *Personal Dust Sampler* (PDS) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi debu yang dapat terhirup oleh individu di lingkungan kerja atau sekitarnya. Alat ini biasanya dipasangkan pada pinggang pekerja karena ukurannya yang sangat kecil (Rahmillah, 2020).

#### 2.4.8 Cara Pengendalian Debu di Pabrik Minyak Kelapa Sawit

Dalam lingkungan kerja, ada tiga cara untuk mengendalikan debu mencegah sumbernya, media pengantar (transmisi), dan orang yang terkena dampak. Salah satu kontrol yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Substitusi adalah pengganti bahan yang berbahaya dengan bahan yang lebih aman atau sama sekali tidak berbahaya (Adinda, 2022)
2. Penggunaan *Dust Collector* dan *Electrostatic Precipitor* (ESP): *Dust Collector* dan ESP merupakan alat utama yang digunakan untuk menangkap debu dari aliran gas hasil pembakaran pada boiler pabrik kelapa sawit. ESP mampu menangkap debu dengan efisiensi sangat tinggi, bahkan dapat mencapai 99,84%, sehingga jumlah limbah debu yang keluar dari cerobong dapat ditekan hingga hanya sekitar 0,16% (Rahardja *et al.*, 2022).
3. Penggunaan sistem ventilasi dan blower: Penambahan saluran sirkulasi udara atau blower di setiap sudut ruangan dapat membantu mengurangi konsentrasi debu di udara. Sistem ventilasi ini juga mendukung penyaluran udara bersih dan membantu proses pembuangan debu keluar dari area kerja (Pratama *et al.*, 2022).
4. Penerapan APD: Penggunaan masker khusus filter debu atau *respirator* sangat dianjurkan bagi pekerja yang terpapar debu secara langsung, terutama saat proses sampling atau saat berada dekat dengan sumber debu. Selain itu, penggunaan kacamata pelindung dan pakaian kerja lengan panjang juga dapat meminimalkan risiko kesehatan akibat paparan debu (Pratama *et al.*, 2022).
5. Penerapan Administratif: Pengendalian administratif yang bisa dilakukan adalah dengan membatasi jumlah jam kerja karyawan menjadi 8 jam dalam 1 hari (Pradila *et al.*, 2022).
6. Isolasi: Isolasi adalah menutup bahan, proses, atau alat kerja yang menghasilkan debu agar tidak menyebar ke area lain (Pradila *et al.*, 2022).
7. Memodifikasi proses: Dengan kata lain, mengubah proses atau prosedur sedemikian rupa sehingga hamburan debu yang dihasilkan dapat dikurangi. Salah satu cara untuk melakukan ini

- adalah dengan menambah sprayer air pada sumber (Pradila *et al.*, 2022).
8. Penyuluhan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) secara *intensif* agar pekerja selalu waspada dan lebih *aware* terhadap kesehatan diri.

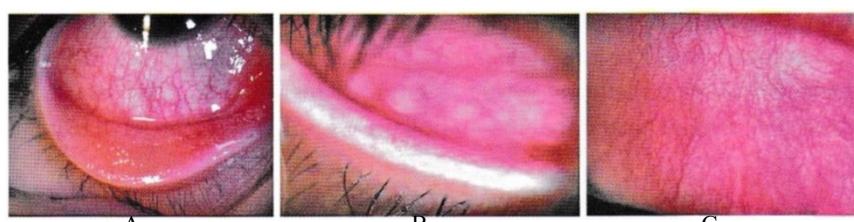
## 2.5 Konjungtivitis Iritatif

### 2.5.1 Definisi Konjungtivitis Iritatif

Konjungtivitis adalah suatu peradangan pada konjungtiva, yaitu membran tipis dan transparan yang melapisi bagian dalam kelopak mata dan menutupi sklera hingga limbus. Peradangan ini menyebabkan pelebaran pembuluh darah konjungtiva (*hiperemia*) dan edema, serta biasanya disertai dengan sekret atau cairan mata. Konjungtivitis umumnya merupakan kondisi yang tidak mengancam penglihatan dan bersifat *self-limiting*, namun penting untuk membedakan dari kondisi lain yang dapat mengancam penglihatan, seperti uveitis atau keratitis (Gin *et al.*, 2024). Konjungtivitis diklasifikasikan sebagai infeksi atau non-infeksi tergantung pada penyebabnya. Penyebab paling sering dari konjungtivitis infeksi adalah bakteri dan virus, sedangkan alergi, respons toksik, dan peradangan sekunder lainnya merupakan penyebab konjungtivitis non-infeksi. Selain itu, konjungtivitis dapat dikategorikan sebagai akut atau kronis tergantung pada waktunya (Nurul *et al.*, 2024). Konjungtivitis iritatif termasuk kedalam jenis konjungtivitis non-infeksius dikarenakan penyebabnya bukan bersumber dari microorganism seperti virus dan bakteri, melainkan oleh iritan fisik atau kimia yang menyebabkan peradangan pada konjungtiva atau selaput yang melapisi bola mata dan kelopak mata bagian dalam. Sumber eksternal merupakan penyebab utama dari terjadinya konjungtivitis iritatif. Sumber eksternal atau sumber iritan yang mengenai konjungtiva akan menyebabkan respon peradangan (Hudaiva, 2020).

Konjungtivitis iritatif merupakan salah satu bentuk konjungtivitis non-infeksi yang terjadi akibat paparan zat iritan atau toksik pada konjungtiva, seperti bahan kimia, asap, polusi, atau penggunaan obat tetes mata tertentu yang mengandung bahan pengawet (Azari & Arabi, 2020). Selain itu konjungtivitis iritatif juga dapat disebabkan oleh bahan kimia yang sering kita gunakan seperti shampoo, klorin di kolam renang, atau zat kaporit yang biasa digunakan untuk disinfeksi air. Faktor non ekternal yang sering menyebabkan konjungtivitis iritatif adalah bulu mata yang masuk ke dalam mata (Hudaiva, 2020).

Menurut jurnal “*Conjunctivitis: A Systemic Review*” oleh Azari dan Arabi (2020), konjungtivitis iritatif juga disebut *toxic conjunctivitis*, dijelaskan sebagai inflamasi konjungtiva yang disebabkan oleh paparan jangka panjang terhadap zat iritan, misalnya penggunaan obat tetes mata dengan bahan pengawet, sehingga menimbulkan gejala iritasi, sekret/*watery discharge*, reaksi papiler awal yang dapat berkembang menjadi reaksi folikuler, erosi epitel, dan dermatitis kelopak mata (Azari & Arabi, 2020). Konjungtivitis iritatif berbeda dari konjungtivitis infeksius (akibat bakteri atau virus) maupun alergi karena penyebab utama dari konjungtivitis iritatif ini adalah paparan zat iritan yang masuk kedalam mata seperti paparan debu, asap, atau gas yang dapat ditemukan di pabrik pengolahan minyak kelapa sawit atau karena zat iritatif lainnya.



**Gambar 1.** Tanda konjungtivitis berupa (A) injeksi konjungtiva (B) folikel atau, (C) reaksi papilar

Sumber : (Sitorus et al., 2020).

Diagnosis konjungtivitis pada umumnya dilakukan berdasarkan anamnesis yang cermat terkait faktor pencetus, seperti riwayat paparan bahan kimia, debu, atau trauma ringan pada mata. Penanganan utama konjungtivitis iritatif adalah menghilangkan atau menghindari paparan iritan, serta memberikan terapi suportif seperti kompres dingin dan tetes mata pelumas untuk mengurangi gejala. Vasokonstriktor dan antihistamin topical dapat diberikan jika terasa sangat gatal, tetapi umumnya tidak diindikasikan. Pada beberapa kasus tidak respon dengan terapi tersebut atau derajat berat, dapat diberikan steroid golongan ringan atau NSAID topical (*Sitorus et al.*, 2020).

### 2.5.2 Gejala Konjungtivitis Iritatif

Gejala yang ditimbulkan akibat konjungtivitis iritatif umumnya sama dengan gejala konjungtivitis lainnya (konjungtivitis infeksi/alergi). Pada konjungtivitis iritatif dapat terjadi pada kedua mata atau salah satu mata saja tergantung pencetus atau bahan iritan mengenai kedua mata atau salah satu mata saja. Berikut merupakan gambaran klinis yang dapat ditemui pada penderita konjungtivitis secara umum:

1. Mata merah (*red eye*): gejala ini merupakan gambaran klinis yang paling utama dan paling khas dari konjungtivitis. Biasanya menyebar rata di seluruh permukaan konjungtiva.
2. Rasa tidak nyaman: sensasi seperti ada benda asing atau pasir di mata, rasa terbakar, sensasi gatal ataupun perih ringan.
3. Sekret (*discharge*): lendir atau cairan lengket yang keluar dari mata sebagai akibat dari respons terhadap iritasi, infeksi atau proses peradangan.
4. Lakrimasi (air mata berlebih): lakrimasi pada konjungtivitis terjadi karena peradangan dan iritasi pada permukaan mata yang memicu refleks produksi air mata sebagai mekanisme

perlindungan alami tubuh untuk membilas dan melindungi mata dari sumber iritan atau agen penyebab iritasi/inflamasi.

5. Edema palpebra: kadang-kadang kelopak mata tampak membengkak namun gejala ini tidak selalu ada pada penderita konjungtivitis.
6. Fotofobia ringan: yaitu sensitivitas ringan terhadap cahaya, lebih sering pada kasus berat (Cheung *et al.*, 2024).

Pada pemeriksaan fisik pasien dengan konjungtivitis, terdapat beberapa temuan khas yang dapat membantu menegakkan diagnosis dan membedakan etiologi penyakit. Temuan-temuan fisik tersebut meliputi:

1. Hiperemia konjungtiva: kemerahan difus pada konjungtiva bulbi dan palpebra.
2. Papil dan folikel: papil lebih sering ditemui pada konjungtivitis alergi dan bakteri sedangkan folikel sering dijumpai pada kondisi konjungtivitis virus dan klamidia.
3. Tidak ada gangguan tajam penglihatan: biasanya konjungtivitis prognosisnya baik, kecuali jika ada komplikasi seperti keratitis.
4. Tidak ada nyeri berat: nyeri berat lebih mengarah pada patologi ocular lain yang lebih serius (Cheung *et al.*, 2024).

### 2.5.3 Penyebab dan Faktor Risiko Konjungtivitis Iritatif

Konjungtivitis merupakan salah satu penyakit mata yang sering dijumpai di masyarakat dan dapat menyerang semua kelompok usia, baik laki-laki maupun perempuan. Penyakit ini ditandai dengan peradangan pada jaringan konjungtiva akibat berbagai penyebab, seperti pada konjungtivitis iritatif yang disebabkan oleh paparan iritan atau konjungtivitis lainnya yang dapat disebabkan oleh infeksi mikroorganisme atau reaksi alergi. Untuk memahami upaya pencegahan dan penanganan yang tepat, penting untuk mengetahui

berbagai faktor yang dapat meningkatkan risiko terjadinya konjungtivitis. Berikut beberapa faktor risiko konjungtivitis iritatif:

1. Paparan lingkungan atau iritasi kimia: paparan dari sumber eksternal ini merupakan penyebab utama terjadinya konjungtivitis iritatif, seperti akibat terpapar debu, asap, polusi, atau bahan kimia tertentu (misal: cairan pembersih, shampoo, klorin dalam kolam renang, bulu mata yang terperangkap masuk kedalam mata. Hal-hal tersebut dapat memicu terjadinya konjungtivitis iritatif (Hudaiva, 2020).
2. Personal hygiene yang kurang: kebersihan diri yang tidak terjaga, seperti jarang mencuci tangan atau menyentuh mata dengan tangan kotor dapat meningkatkan risiko infeksi konjungtiva (Vitaloka et al., 2024).
3. Tempat kerja dengan kualitas udara yang buruk: Kualitas udara yang buruk dalam ruang akan menyebabkan dampak negatif terhadap karyawan berupa gangguan keluhan kesehatan. Dampak negatif pencemaran udara terutama pada organ tubuh yang kontak langsung dengan udara, seperti iritasi mata berupa mata pedih, mata merah, dan mata berair (Fitria, 2016).
4. Lama kerja/durasi kerja: lamanya waktu seorang pekerja bekerja pada tempat yang memiliki risiko tinggi terpapar paparan iritan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Putra *et al* (2021) mengenai hubungan dengan keluhan konjungtivitis pada pekerja bengkel las mengatakan bahwa paparan jangka panjang secara kumulatif dapat meningkatkan risiko iritasi dan gangguan mata (Putra *et al.*, 2022).
5. Penggunaan APD: APD khususnya kacamata pelindung mata dapat melindungi diri pada saat bekerja di tempat yang memiliki tingkat risiko terpapar pajanan iritan. Sehingga penggunaannya yang tidak tepat atau tidak konsisten dapat meningkatkan risiko konjungtivitis atau iritasi mata (Suherni *et al.*, 2021).

#### **2.5.4 Dampak Konjungtivitis Iritatif pada Produktivitas Kerja**

Dalam proses pengolahan kelapa sawit, pekerja sering terpapar debu, bahan kimia, serta kondisi pencahayaan yang kurang memadai. Debu dan partikel halus yang dihasilkan selama proses pengolahan dapat berpotensi menyebabkan iritasi pada mata yang berujung pada konjungtivitis. Selain itu, pencahayaan yang tidak sesuai dapat menyebabkan kelelahan mata dan daya akomodasi menurun. Oleh karena itu, berikut merupakan dampak yang dapat ditimbulkan oleh pekerja:

1. Penurunan produktivitas kerja: rasa tidak nyaman yang dirasakan pekerja akibat konjungtivitis akan menyebabkan kinerja karyawan akan menurun.
2. Meningkatkan risiko kecelakaan kerja: gangguan penglihatan akibat meningkatnya sekret dan air mata saat mengalami konjungtivitis dapat meningkatkan risiko kecelakaan dilingkungan kerja, terutama pekerjaan yang menggunakan mesin berat dan proses mekanis (Lestari & Utami, 2023).

#### **2.5.5 Cara Pencegahan dan Penanggulangan Konjungtivitis Iritatif**

Menjaga kesehatan mata merupakan langkah penting dalam upaya mencegah berbagai gangguan penglihatan, termasuk konjungtivitis iritatif, yang dapat mengganggu kenyamanan mata dan fungsi penglihatan sehari-hari. Oleh karena itu, pemahaman tentang cara-cara penanggulangan konjungtivitis iritatif sangat penting untuk diterapkan guna menjaga kesehatan mata secara optimal. Berikut merupakan cara pencegahan konjungtivitis iritatif yang dapat dilakukan:

1. Gunakan pembersih tangan berbahan dasar alkohol yang mengandung setidaknya 60% alkohol selama minimal 20 detik, atau cuci tangan sesering mungkin dengan sabun dan air hangat (Sitorus et al., 2020).

2. Menggunakan kacamata pelindung pada saat bekerja di tempat dengan risiko paparan iritan tinggi.
3. Edukasi (peningkatan pengetahuan) merupakan salah satu cara penanggulangan konjungtivitis iritatif, karena dengan pengetahuan yang baik akan membentuk pencegahan yang baik terhadap konjungtivitis.
4. Jangan menggosok atau menyentuh mata. Hal ini dapat memperburuk masalah atau menyebabkannya menyebar ke mata yang lain (Sitorus et al., 2020).
5. Hindari pemakaian kontak lensa dalam jangka Panjang (Sitorus et al., 2020).
6. Hindari berenang di kolam renang dalam waktu yang lama serta memakai kacamata renang saat beraktivitas renang.

Penanggulangan konjungtivitis iritatif memerlukan pendekatan komprehensif yang mencakup penghindaran bahan iritan, pemberian terapi farmakologis, serta edukasi. Identifikasi dan eliminasi agen penyebab menjadi langkah awal yang krusial dalam penatalaksanaan kondisi ini. Berikut merupakan upaya penanggulangan konjungtivitis iritatif pada tempat kerja:

1. Penggunaan APD: terutama penggunaan *safety glasses* (kacamata pengaman) untuk menjaga mata dari paparan debu, asap, cairan kimia, dan cahaya yang sangat terang dan panas yang dapat menyebabkan iritasi (Sinurat et al., 2024).
2. Sosialisasi dan Penyadaran K3: dengan menggunakan poster-poster K3 yang ditempelkan disetiap sudut perusahaan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya K3 agar pekerja terlindungi dari risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja (Sinurat et al., 2024).
3. Penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP) K3: Mengikuti SOP K3 dengan baik dan benar serta memahami prosedur

penggunaan APD dan tata cara yang aman untuk mengurangi risiko paparan iritan pada mata (Ikhsan, 2022).

4. Identifikasi dan Kontrol Sumber Bahaya: setiap langkah kerja diidentifikasi bahaya dan risikonya, lalu diberikan solusi pengendalian. Untuk kasus konjungtivitis iritatif, solusinya adalah dengan memberi ventilasi yang baik di area kerja untuk mengurangi konsentrasi uap dan debu serta penjadwalan rotasi kerja agar paparan iritan tidak terlalu lama pada satu pekerja (Ikhsan, 2022).

## 2.6 Pengaruh Polusi Udara dengan Konjungtivitis iritatif

Polusi udara merupakan salah satu masalah lingkungan utama yang timbul akibat aktivitas manusia, seperti industrialisasi, transportasi, dan pembakaran bahan bakar fosil. Komponen polusi udara yang berada di pabrik minyak kelapa sawit tentunya terdiri dari campuran partikel dan gas berbahaya bagi kesehatan pekerja, salah satunya tidak baik bagi kesehatan mata. Seperti partikulat ( $PM_{10}$  dan  $PM_{2,5}$ ), Nitrogen dioksida ( $NO_2$ ), Sulfur dioksida ( $SO_2$ ), Karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang berasal dari proses pengolahan *crude palm oil* menjadi minyak kelapa sawit. Akibat paparan polusi udara pada tempat kerja tentunya berdampak terhadap kesehatan mata para pekerja, tidak hanya untuk sistem pernapasan dan kardiovaskular, tetapi juga berbahaya untuk organ mata. Mata merupakan organ yang sangat sensitive terhadap lingkungan karena hanya dilindungi oleh lapisan tipis air mata, sehingga sangat rentan terhadap paparan polutan di udara (Lin *et al.*, 2022).

Polusi udara baik yang berasal dari ruangan seperti partikel partikula ( $PM_{10}$  dan  $PM_{2,5}$ ), Nitrogen dioksida ( $NO_2$ ) Sulfur dioksida ( $SO_2$ ), maupun dari dalam ruangan seperti asap rokok dan senyawa *organic volatile*, telah terbukti berperan sebagai faktor risiko terjadinya *nonspecific conjunctivitis* atau konjungtivitis tidak spesifik. Paparan polutan-polutan tersebut dapat menyebabkan iritasi dan peradangan pada konjungtiva, yang ditandai

dengan gejala mata merah, gatal, berair, dan sensasi terbakar. Beberapa penelitian yang dikaji pada jurnal “*The Adverse Effects of Air Pollution on the Eye: A Review*” (2022) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> dan O<sub>3</sub> berhubungan dengan meningkatnya angka kejadian konjungtivitis, baik pada populasi dewasa maupun anak-anak. Selain itu, paparan jangka panjang terhadap polusi udara dapat menyebabkan perubahan seluler pada permukaan mata, seperti hiperplasia gel goblet pada epitel konjungtiva, yang memperburuk kondisi iritasi dan inflamasi (Lin *et al.*, 2022). Selain itu, paparan PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> menjadi permasalahan untuk kesehatan mata dengan peningkatan konjungtivitis ke klinik mata karena konjungtivitis tidak spesifik.

Dampak yang dapat dialami oleh pekerja akibat dari paparan polutan tersebut dapat berupa dampak langsung maupun jangka panjang, dampak langsung yang dialami pekerja adalah iritasi pada mata. Akibat paparan polutan seperti asap dan juga debu adalah keluhan iritasi pada mata yang dibedakan menjadi mata berair, mata merah (konjungtivitis), dan mata pedih. Mata yang terpapar polutan akan menimbulkan reaksi serupa dengan mata pedih. Salah satu kemungkinan penyebab terjadinya iritabilitas pada tubuh seseorang adalah udara persisten yang mengandung polutan. Mata yang pedih akan menggunakan mata air sebagai bahan penyusun pembersih polutan yang berhubungan dengan mata. Produksi udara mata yang kurang efisien dibandingkan sistem drainase (*epifora*) dapat disebabkan oleh kerusakan mata akibat adanya benda asing pada kornea dan infeksi (Nirmala & Prasasti, 2016). Polusi udara dapat memperburuk reaksi alergi dengan merangsang peradangan pada saluran pernapasan dan mata. Selanjutnya penggunaan kosmetik atau produk perawatan yang mengandung alergen atau bahan iritan dapat meningkatkan risiko konjungtivitis (Amaliyah *et al.*, 2024).

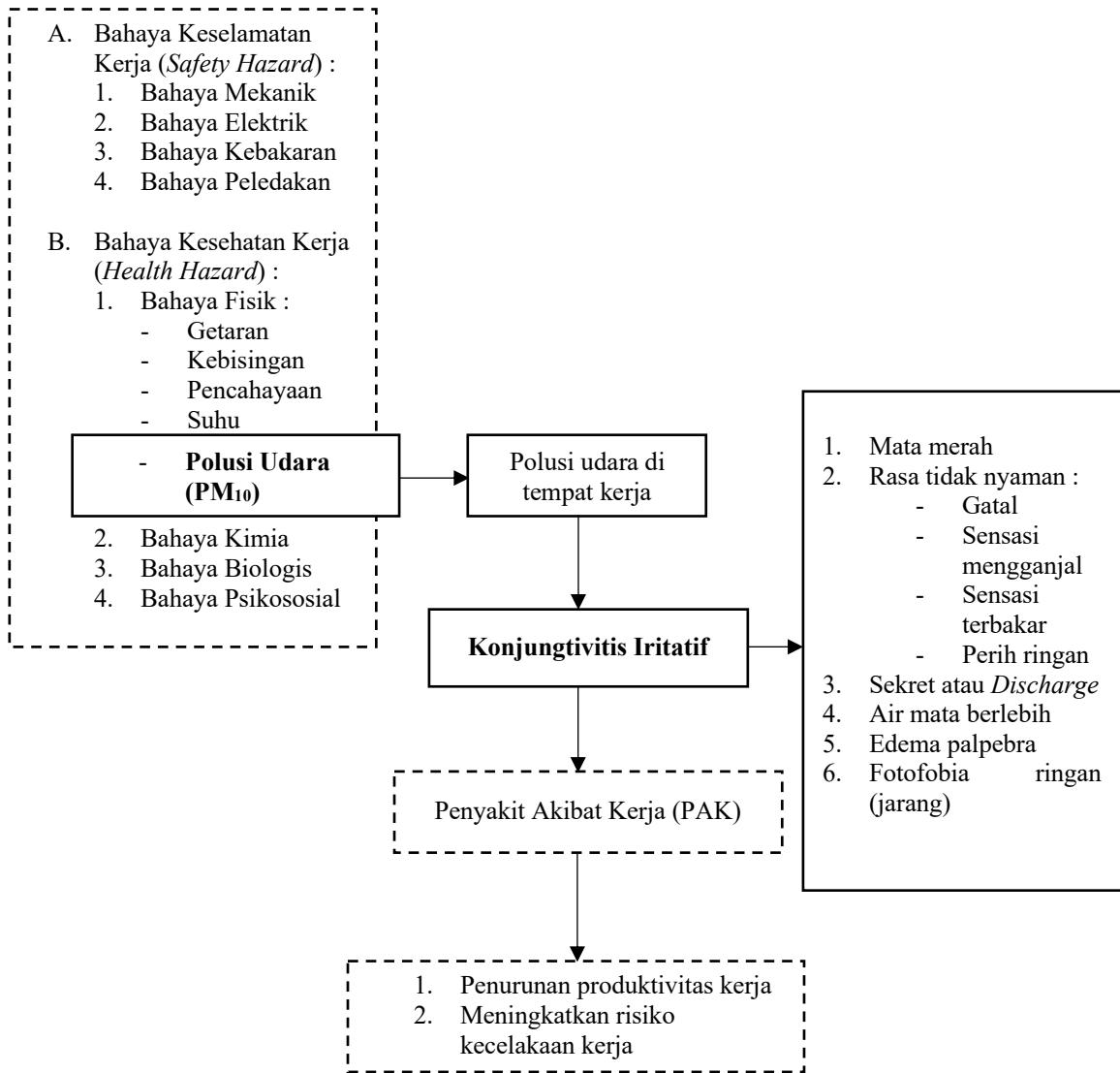
## 2.7 Mekanisme Paparan Debu dengan Konjungtivitis Iritatif

Konjungtiva merupakan struktur terluar mata yang sangat rentan terhadap infeksi dari mikroorganisme (virus, bakteri, dan jamur), alergi, dan iritasi. Infeksi ini dapat menyebabkan kelopak mata terinfeksi dan menyulitkan mereka untuk menutup dan membuka kelopak mata dengan optimal. Oleh karena kelopak mata yang tidak dapat tertutup dengan optimal itu menyebabkan mata menjadi kering sehingga terjadi iritasi pada mata yang menyebabkan konjungtivitis. Posisi konjungtiva yang menjadi bagian terluar mata ini menyebabkan konjungtiva rentan terpapar oleh bahan iritan maupun organisme, maka dari itu mata memiliki mekanisme perlindungan dari substansi luar atau faktor eksternal, seperti *tear film*. *Tear film* ini berfungsi menjadi lapisan air mata untuk melarutkan kotoran dan zat berbahaya dan kemudian dialirkan ke meatus inferior melalui kantung laktimal. Pada akhirnya, kotoran yang dikumpulkan oleh lendir dan dipompa ke kelopak mata mengalir ke saluran laktimal bersama air mata.

Peradangan pada konjungtiva memperluas pembuluh-pembuluh mata konjungtiva posterior, yang menyebabkan hiperemi pada forniks dan penurunan ke arah limbus. Pada hiperemi konjungtiva, papilla membengkak dan hipertropi, yang sering disertai dengan perasaan benda asing dan sensasi tergores, panas, atau gatal. Sensasi ini meningkatkan sekresi air mata. Selain itu, pembuluh darah yang hiperemi menghasilkan transudasi ringan, yang meningkatkan jumlah air mata (Wandini *et al.*, 2024).

Proses inflamasi pada konjungtivitis iritatif ditandai oleh masuknya zat toksik atau iritan kedalam mata (seperti polusi, lensa kontak, dan bahan kimia) memicu inflamasi non-infeksius dengan mekanisme kerusakan langsung pada sel epitel konjungtiva, diikuti dengan reaksi inflamasi lokal yaitu pembesaran dan pelebaran pembuluh darah konjungtiva (*vasodilasi*), yang menyebabkan mata tampak merah, infiltrasi sel-sel inflamasi ke jaringan konjungtiva, serta produksi eksudat (air mata dan sekret) sebagai bentuk mekanisme pertahanan (Zulfiqar *et al.*, 2024).

## 2.8 Kerangka Teori



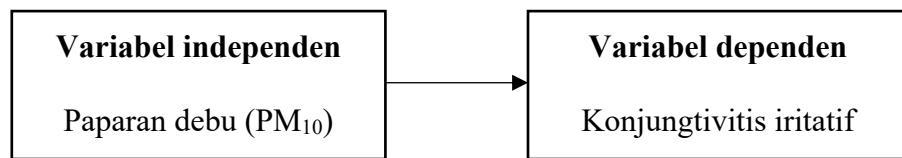
**Gambar 2.** Kerangka Teori  
Sumber : (Sucirahayu *et al.*, 2023) (Sitorus *et al.*, 2020)

Keterangan :

[ ] : Bagian yang diteliti

[ ] : Bagian yang tidak diteliti

## 2.9 Kerangka Konsep



**Gambar 3.** Kerangka Konsep

## 2.10 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan judul penelitian ini, maka hipotesis penelitian ini adalah :

H0: Tidak terdapat hubungan antara paparan debu PM<sub>10</sub> dengan gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja di CV. Bumi Waras.

H1: Terdapat hubungan antara paparan debu PM<sub>10</sub> dengan gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja di CV. Bumi Waras.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis dan Desain Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan desain *cross-sectional*. Desain ini dipilih untuk menggambarkan kondisi dan karakteristik populasi penelitian pada waktu tertentu dan dapat diaplikasikan pada populasi besar.

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di CV. Bumi Waras, Teluk Betung, Bandar Lampung. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan September 2025 hingga Oktober 2025.

#### **3.3 Populasi dan Sampel Penelitian**

##### **3.3.1 Populasi Penelitian**

Populasi target dalam penelitian ini adalah semua pekerja dibagian produksi pengolahan minyak kelapa sawit di CV.Bumi Waras dengan populasi total pada tempat yang akan dilakukan penelitian adalah 70 orang.

##### **3.3.2 Sampel Penelitian**

Pada Penelitian ini, sampel penelitian dihitung menggunakan rumus Krejcie-Morgan (Subhaktiyasa, 2024).

$$S = \frac{x^2 \cdot N \cdot P \cdot (1-P)}{d^2 \cdot (N-1) + x^2 \cdot P \cdot (1-P)}$$

Keterangan:

S = Ukuran sampel

N = Jumlah populasi (70)

$\chi^2$  = Nilai chi-square untuk  $df = 1$  pada  $\alpha = 0,05$  (3,841)

P = Perkiraan proporsi kasus yang diteliti (digunakan untuk hasil maksimum)

d = *Margin of error* (0,05)

$$S = \frac{\chi^2 \cdot N \cdot P \cdot (1-P)}{d^2 \cdot (N-1) + \chi^2 \cdot P \cdot (1-P)}$$

$$S = \frac{(1.96)^2 \cdot 70 \cdot 0.5 \cdot (1-0.5)}{(0.05)^2 \cdot (70-1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot (1-0.5)}$$

$$S = 59 \text{ Sampel}$$

$$S + 10\% = 65 \text{ sampel}$$

Ukuran sampel dalam penelitian ini ditentukan menggunakan rumus *Krejcie dan Morgan*, yang merupakan metode yang diterima secara luas untuk memperkirakan ukuran sampel minimum yang diperlukan untuk populasi pada tingkat kepercayaan 95% dan *margin of error* 5%. Berdasarkan perkiraan populasi pekerja di CV. Bumi Waras, ukuran sampel minimum yang dihitung adalah 59,34. Untuk menghindari *drop out* sampel penelitian maka pada penelitian kali ini akan ditambahkan 10%. Oleh karena itu, jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 65 orang. Jumlah ini diharapkan dapat memberikan data yang *representative* dan meningkatkan validitas serta reliabilitas hasil penelitian.

### 3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *total sampling*. Menurut Sugiyono (2020), *total sampling* merupakan teknik penentuan sampel dengan melibatkan seluruh anggota populasi sebagai sampel penelitian. Dengan demikian, seluruh populasi dijadikan responden. Pada penelitian ini, jumlah

populasi sekaligus sampel adalah sebanyak 70 orang, dan seluruh responden memiliki paparan faktor yang sama, yaitu debu PM<sub>10</sub>.

### **3.4 Identifikasi Variabel Penelitian**

#### **3.4.1 Variabel Independen**

Variabel bebas atau independen merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab timbulnya atau berubahnya variabel dependen (variabel terikat) (Hayati & Saputra, 2023). Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah paparan debu.

#### **3.4.2 Variabel Dependen**

Variabel Terikat atau variabel dependent merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Dekanawati *et al.*, 2023). Variabel dependen dalam penelitian ini adalah gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja dibagian produksi CV. Bumi Waras.

### **3.5 Kriteria Sampel**

#### **3.5.1 Kriteria Inklusi**

1. Pekerja tetap atau kontrak yang bekerja dibagian produksi pengolahan minyak kelapa sawit atau pekerja yang terpapar langsung oleh debu.
2. Bersedia berpartisipasi melalui *informed consent*.
3. Pekerja yang tidak memakai alat pelindung mata (kacamata/goggles) saat bekerja atau yang tidak konsisten memakai alat pelindung mata.

#### **3.5.2 Kriteria Ekslusi**

1. Pekerja yang memiliki riwayat penyakit mata lain yang dapat mempengaruhi hasil penelitian seperti alergi mata kronis, infeksi mata akut, atau riwayat konjungtivitis non-iritatif.

2. Pekerja yang memiliki penyakit sistemik tertentu yang dapat menimbulkan keluhan pada mata, seperti diabetes melitus.
3. Pekerja yang menggunakan pengobatan tetes mata atau obat-obatan lain yang dapat memengaruhi kondisi mata.
4. Pekerja yang tidak bersedia mengikuti penelitian.

### 3.6 Definisi Operasional

**Tabel 2. Definisi Operasional**

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Kadar Debu PM <sub>10</sub>	Debu jenis PM <sub>10</sub> yaitu partikel dengan diameter 10 $\mu\text{m}$ atau lebih kecil yang dapat menetap di udara yang dapat mengiritasi mata.	<i>Air Quality Index Monitor</i>	1 : $\geq 75 \mu\text{m}^3$ (tidak sesuai standar) 2 : $<75 \mu\text{m}^3$ (sesuai standar)	Nominal
Gejala konjungtivitis iritatif	Mata merah, sensasi mata perih/nyeri, mata berair, sensasi mata mengganjal/berpasir, mata panas, mata gatal, penglihatan terganggu, kelopak mata bengkak.	Kuisisioner	1: Ada keluhan (>1 jawaban ya kuisisioner) 2 : Tidak ada keluhan (0-1 jawaban ya kuisisioner)	Nominal

(Kementerian Kesehatan, 2023)  
(Fikri *et al.*, 2025)

(Azizaturrahmah, 2018)  
(Sitorus *et al.*, 2020)

### 3.7 Alur Penelitian

#### 1. Pengukuran Paparan PM<sub>10</sub>

Pengukuran paparan PM<sub>10</sub> di lingkungan kerja dilakukan secara langsung di lokasi kerja menggunakan alat *Air Quality Index Monitor* yang telah dikalibrasi sesuai standar. Proses pengukuran ini dilakukan dengan bantuan dan pendampingan dari pihak Unit Pelaksana Teknis (UPT) Dinas Tenaga Kerja (Disnaker) yang bertanggung jawab dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) provinsi Lampung.

#### 2. Pengisian Kuisisioner

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan Teknik wawancara pada responden dengan menggunakan lembar kuisisioner penelitian yang akan ditujukan pada pekerja di CV. Bumi Waras. Sebelum pelaksanaan wawancara dan pengisian kuisisioner, peneliti sudah terlebih dahulu meminta izin kepada responden dan menjelaskan maksud serta tujuan penelitian, untuk membangun kepercayaan yang baik selama proses pengumpulan data berlangsung. Dengan demikian, responden diharapkan dapat memberikan jawaban secara jujur dan terbuka. Pengisian kuisisioner

dilakukan secara langsung dengan didampingi oleh peneliti dan dibantu oleh enumerator, sehingga apabila terdapat pertanyaan yang kurang jelas, peneliti dapat memberikan penjelasan tambahan. Selain itu, dilakukan juga penyamaan persepsi sebelumnya agar responden memahami pertanyaan dengan baik.

### 3. Pemeriksaan Fisik Mata

Pemeriksaan sederhana pada kasus mata merah yang akan dilakukan oleh dokter umum. Pemeriksaan fisik yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pemeriksaan tajam penglihatan
2. Pemeriksaan segmen anterior mata: pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan *penlight*. Hal-hal yang dinilai dalam pemeriksaan ini adalah:
  - a. Apakah pupil bereaksi terhadap cahaya dan menilai ukuran pupil?
  - b. Apakah terdapat sekret atau *discharge*?
  - c. Bagaimana pola injeksi pembuluh darahnya?
  - d. Adakah bercak berwarna putih/opasitas atau korpus alienum pada kornea?
  - e. Adakah terdapat hipopion atau hifema?

(Sitorus *et al.*, 2020).

Hasil dari pemeriksaan fisik mata yang dilakukan oleh dokter umum tidak ditujukan untuk menegakkan diagnosis, melainkan berfungsi sebagai tahap seleksi awal guna mengeksklusikan responden yang tidak memenuhi kriteria inklusi, sehingga memastikan bahwa hanya peserta yang memenuhi kondisi kesehatan yang dipersyaratkan yang dapat dilibatkan dalam tahap penelitian selanjutnya.

### 3.8 Instrumen penelitian

Berikut ini merupakan instrumen yang digunakan dalam proses penelitian:

1. Lembar *Informed Consent*

Lembar ini berisi bahwa responden menyatakan telah memahami dan bersedia berpartisipasi dalam penelitian.

2. Lembar Kuisioner Penelitian

Digunakan sebagai alat untuk mengumpulkan data primer dari responden mengenai variabel-variabel yang diteliti, seperti identitas, masa kerja, penggunaan APD, riwayat penyakit, dan gejala konjungtivitis iritatif.

3. *Air Quality Index Monitor*

*Air Quality Index Monitor* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kualitas udara dengan mendeteksi konsentrasi polutan seperti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> menggunakan sensor optik berbasis hamburan cahaya serta sensor elektrokimia (Verojenases *et al.*, 2025). Pengukuran secara langsung dilakukan peneliti menggunakan alat AQI Monitor untuk mengetahui konsentrasi partikulat PM<sub>10</sub> di udara. Pengukuran dilakukan di area kerja tempat para pekerja beraktivitas dengan menggunakan metode *grab sampling*, yaitu pengambilan data udara sesaat pada waktu tertentu.

### 3.9 Validitas dan Reliabilitas

#### 3.9.1 Validitas data

Validitas merupakan ukuran sejauh mana suatu instrumen mampu mengukur apa yang seharusnya diukur secara tepat dan akurat. Uji validitas dilakukan untuk menilai apakah butir-butir pertanyaan dalam kuesioner benar-benar dapat merepresentasikan variabel yang diteliti. Menurut Sugiyono (2022), instrumen penelitian dikatakan valid apabila nilai  $r$  hitung lebih besar dari  $r$  tabel, yang berarti setiap item pertanyaan memiliki korelasi signifikan dengan skor totalnya. Dengan demikian, semakin tinggi nilai validitas, semakin baik pula kualitas instrumen dalam mengukur variabel penelitian secara

kualitas instrumen dalam mengukur variabel penelitian secara konsisten dan tepat. Dalam penelitian ini, uji validitas dilakukan di Pabrik Tahu Pak Tikno. Nilai  $r$  tabel yang digunakan adalah 0,334 dengan jumlah sampel sebanyak 35 responden pada tingkat signifikansi 5 persen. Sementara itu, nilai  $r$  hitung dapat dilihat pada kolom *corrected item-total correlation*.

**Tabel 3.** Tabel  $r$  hitung

<b>Gejala Konjungtivitis</b>	<b>Corrected Item – Total</b>	<b>Keterangan</b>
	<b>Iritatif</b>	
Pertanyaan 1	0.694	Valid
Pertanyaan 2	0.659	Valid
Pertanyaan 3	0.463	Valid
Pertanyaan 4	0.467	Valid
Pertanyaan 5	0.716	Valid
Pertanyaan 6	0.457	Valid
Pertanyaan 7	0.578	Valid
Pertanyaan 8	0.771	Valid

Hasil uji validitas pada pertanyaan variabel gejala konjungtivitis iritatif berdasarkan tabel item *corrected item- total correlation* diketahui nilai  $r$  terhadap 8 pertanyaan dinyatakan valid karena  $r$  hitung  $>$   $r$  tabel (0,334).

### 3.9.2 Reliabilitas Data

Reliabilitas merupakan ukuran yang menunjukkan sejauh mana suatu instrumen penelitian dapat dipercaya dan memberikan hasil yang konsisten ketika digunakan untuk mengukur gejala yang sama. Instrumen dikatakan reliabel apabila hasil pengukuran tetap stabil meskipun dilakukan pada waktu yang berbeda. Menurut Priyatno (2023), uji reliabilitas digunakan untuk menilai konsistensi internal butir pertanyaan dalam kuesioner dengan cara membandingkan nilai  $r$  hitung (*Cronbach's Alpha*) terhadap  $r$  tabel. Jika nilai  $r$  alpha lebih besar dari  $r$  tabel, maka instrumen tersebut dinyatakan reliabel dan

dapat digunakan sebagai alat ukur yang konsisten. Pada penelitian ini, r tabel dengan jumlah sampel 35 responden tingkat kemaknaan 5% adalah 0,334.

**Tabel 4.** Hasil Uji Reliabilitas

Variabel	Cronbach's Alpha	Keterangan
Gejala Konjungtivitis Iritatif	0.724	<i>Reliabel</i>

Hasil uji reliabilitas untuk pertanyaan variabel gejala konjungtivitis iritatif berdasarkan *cronbach's alpha* atau nilai r adalah reliabel karena  $r \alpha > r$  tabel (0,724).

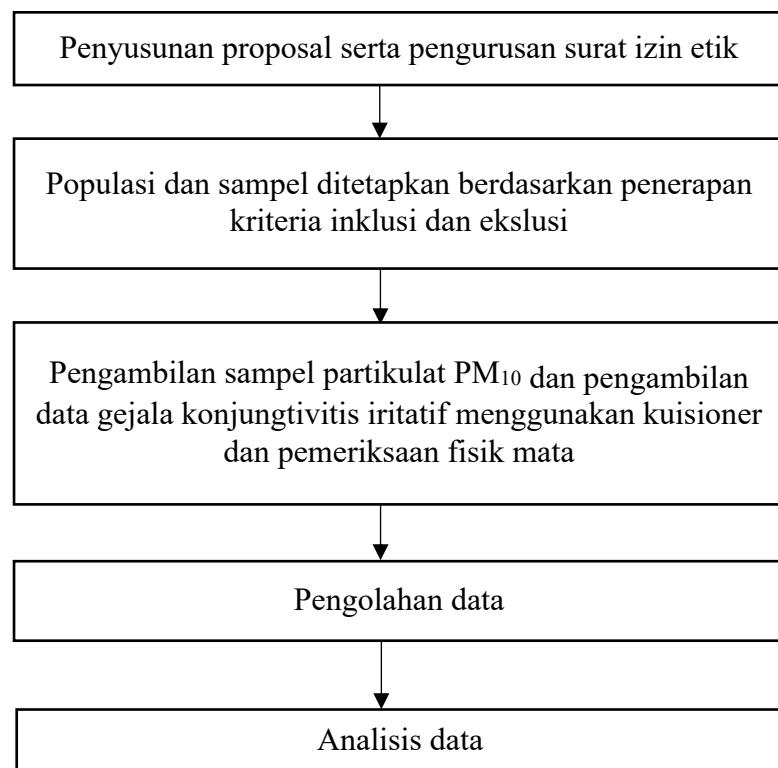
### 3.10 Prosedur dan Alur Penelitian

#### 3.10.1 Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyusun proposal dan melakukan seminar proposal.
2. Meminta surat pengantar dari Fakultas Kedokteran Universitas Lampung untuk melakukan penelitian setelah proposal sudah disetujui oleh pembimbing.
3. Mengajukan penelitian kepada Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung untuk mendapatkan surat izin penelitian dan kelayakan etik.
4. Pengurusan izin penelitian dan koordinasi dengan pihak manajemen CV.Bumi Waras untuk penentuan jadwal penelitian.
5. Melakukan seminar hasil penelitian untuk memaparkan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan.

### 3.10.2 Alur Penelitian



**Gambar 4.** Alur Penelitian

## 3.11 Manajemen Data

### 3.11.1 Sumber Data

Pada penelitian ini teknik pengumpulan data adalah menggunakan data primer. Data primer merupakan sumber informasi utama yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti dalam proses penelitian. Data ini diperoleh dari sumber asli, yaitu responden atau informan yang terkait dengan variabel penelitian. Data primer berupa hasil observasi, wawancara, atau pengumpulan data melalui angket.

### 3.11.2 Analisis Data

#### 3.11.2.1 Analisis Univariat

Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik masing-masing variabel penelitian secara terpisah dengan menggunakan tabel distribusi frekuensi. Pada penelitian ini yang menjadi variabel independen (paparan debu) dan variabel dependen (gejala konjungtivitis) yang disajikan dalam bentuk tabel dan kemudian diinterpretasikan dalam bentuk persen. Analisis ini bertujuan untuk memperoleh gambaran distribusi dan persentase dari tiap variabel.

#### 3.11.2.2 Analisis Bivariat

Analisis bivariat digunakan untuk menganalisis hubungan antara *variabel independent* (paparan debu) dengan *variabel dependen* (gejala konjungtivitis iritatif). Analisis ini akan melihat hubungan antara variabel independent (paparan debu) dan variabel dependen (gejala konjungtivitis iritatif) dengan menggunakan uji statistic *chi-square* dengan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat kesalahan 5% ( $\alpha = 0,05$ ). Dengan kriteria pengujian sebagai berikut, jika nilai  $p\text{-value} \leq 0,05$ : terdapat hubungan dengan signifikan antara paparan debu dengan gejala konjungtivitis iritatif.

## 3.12 Pengolahan Data

### 3.12.1 Editing

Pada tahap ini, peneliti melakukan pemeriksaan terhadap data yang telah dikumpulkan, seperti hasil kuesioner atau hasil observasi di lapangan. Tujuannya adalah memastikan kebenaran dan kelengkapan data.

### **3.12.2 *Coding***

Setelah melakukan pemeriksaan data selesai, maka tahap selanjutnya adalah pengkodean atau pengelompokan data menggunakan kode, yang dikenal sebagai *coding*. Proses ini akan mengubah data menjadi kode numerik atau simbol tertentu. Oleh karena itu, pengkodean memudahkan pengolahan data secara sistematis.

### **3.12.3 *Processing***

Data yang telah melalui pengkodean dan telah selesai dikodekan akan diolah menggunakan computer dan dianalisis dengan program computer Jamovi. Tahap pengolahan data ini meliputi proses memasukkan data (*data entry*), pengorganisasian, serta transformasi data menjadi format yang siap untuk dianalisis, seperti pembuatan tabel, grafik, atau ringkasan statistik.

### **3.12.4 *Cleaning***

Melakukan pemeriksaan data-data yang telah diinput untuk menghindari terjadinya kesalahan. Tahap ini dilakukan agar data menjadi akurat.

## **3.13 Etika Penelitian**

Penelitian ini telah lulus kaji etik oleh Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor surat No.4931/UN26.18/PP.05.02.00/2025.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai hubungan paparan debu PM<sub>10</sub> dengan gejala konjungtivitis iritatif pada pekerja bagian produksi minyak kelapa sawit di CV. Bumi Waras, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebagian besar area kerja di CV. Bumi Waras memiliki konsentrasi debu PM<sub>10</sub> melebihi standar baku mutu, yaitu sebanyak 66,7% dengan kadar  $\geq 75 \mu\text{m}^3$ .
2. Sebagian besar pekerja yang terpapar debu PM<sub>10</sub> mengalami gejala konjungtivitis iritatif berupa mata merah, mata pedih, mata berair, dan mata terasa berpasir/mengganjal.
3. Hasil uji statistik menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara paparan debu PM<sub>0</sub> dengan kejadian konjungtivitis iritatif pada pekerja ( $p = 0,008 < 0,05$ ). Semakin tinggi konsentrasi PM<sub>10</sub> di udara, maka semakin besar risiko terjadinya iritasi mata pada pekerjanya.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian ini maka saran yang dapat dipertimbangkan kepada pihak-pihak terkait antara lain:

##### **5.2.1 Bagi Perusahaan**

1. Perusahaan diharapkan dapat meningkatkan system pengendalian debu melalui penyiraman area kerja secara berkala, perbaikan tata ventilasi, serta pemeliharaan kebersihan lingkungan kerja.

2. Perusahaan diharapkan dapat menegakkan kebijakan penggunaan alat pelindung diri (kacamata pelindung) dan memberikan edukasi kepada pekerja mengenai pentingnya perlindungan mata dari paparan debu.

### **5.2.2 Bagi Pekerja**

Diharapkan meningkatkan kesadaran diri dan konsisten dalam penggunaan alat pelindung diri berupa kacamata pelindung selama bekerja untuk mencegah terjadinya iritasi mata akibat paparan debu.

### **5.2.3 Bagi Peneliti Selanjutnya**

Peneliti berikutnya diharapkan dapat melakukan pengukuran paparan debu menggunakan metode pemantauan individu dengan alat *personal dust sampler* agar hasil lebih akurat dan dapat menggambarkan paparan aktual setiap pekerja dan serta mempertimbangkan faktor lain seperti kelembaban udara, lama paparan, dan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. U., Henita, N., Rahmawati, S., & Maziya, F. B. (2021). Analisis Risiko Kesehatan Paparan Debu Terhadap Fungsi Paru Pada Pekerja Di Home Industry C-Max. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1), 34–39. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art3>
- Adinda, M. (2022). *Analisis Dampak Kualitas Udara Akibat Debu Batubara Bagi Pekerja di Sekitar Area Penimbunan Batubara (Stockpile)*.
- Amaliyah, A., Maharani, R., Sodiqah, Y., & Nur, M. (2024). Karakteristik Pasien Konjungtivitis Rumah Sakit Mata Makassar Periode Januari-Desember 2023. 8, 5737–5743.
- Azari, A. A., & Arabi, A. (2020). Conjunctivitis: A Systematic Review. *Journal of Ophthalmic and Vision Research*, 15(3), 372–395. <https://doi.org/10.18502/jovr.v15i3.7456>
- Azizaturrahmah, F. (2018). Hubungan Keluhan Iritasi Mata Dengan Lama Kontak dan Kadar Klorin Pada Air Kolam Renang universitas Lampung. *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001> <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055> <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006> <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024> <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>
- Berliani, L. (2023). Karakteristik Konjungtivitis Di Puskesmas Besikama Kabupaten Malaka – Nusa Tenggara Timur Maret 2019 – Mei 2020. *Jurnal Locus Penelitian Dan Pengabdian*, 2(3), 218–223. <https://doi.org/10.58344/locus.v2i3.917>
- Cheung, A. Y., Choi, D. S., Ahmad, S., Amescua, G., Jhanji, V., Lin, A., Mian, S. I., Rhee, M. K., Viriya, E. T., Mah, F. S., & Varu, D. M. (2024). Conjunctivitis Preferred Practice Pattern. *Ophthalmology*, 131(4), P134–P204. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2023.12.037>
- Dekanawati, V., Astriawati, N., Setiyantara, Y., Subekti, J., & Kirana, A. F. (2023). Analisis Pengaruh Kualitas Pelayanan Diklat Kepabeanan Terhadap Kepuasan Peserta Pelatihan. *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, 23(2), 159. <https://doi.org/10.33556/jstm.v23i2.344>

- Ding, H., Wang, H., Qu, X., Varveri, A., Gao, J., & You, Z. (2021). Towards an understanding of diffusion mechanism of bio-rejuvenators in aged asphalt binder through molecular dynamics simulation. *Journal of Cleaner Production*, 299, 126927. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126927>
- Fatkhurrahman, J. A., Juliasari, I. R., & Zen, N. (2016). Penentuan Konsentrasi Partikulat Berbasis Low Cost Particulate Sensor Pada Modifikasi Teknologi Wetscrubber Particulate Concentration Determination With Low Cost Particulate Sensor on Wetscrubber Modification Technology. *Jurnal Riset Industri*, 10(2), 107–113.
- Ferial, L., Fitria, L., & Silalahi, M. D. (2021). Konsentrasi Particulate Matter (Pm10) Dan Gejala Pernapasan Yang Dialami Pekerja Pabrik Semen “X”, Kota Cilegon-Banten. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.47080/jls.v4i1.1210>
- Fikri, E., Dewi, D. R., & Juariah, L. (2025). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Pajanan PM2.5 dan PM10 Pada Pekerja PT. Beton Elemenindo Perkasa Tahun 2024. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 116–123. <https://doi.org/10.14710/jkli.24.1.116-123>
- Fitria, N. (2016). Description of Particulate Matter2,5 with Library Worker’s Health Complaint in Campus B Universitas Airlangga. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(2), 206. <https://doi.org/10.20473/jkl.v8i2.206-218>
- Gin, C., Crock, C., & Wells, K. (2024). *Conjunctivitis : A review*. 53(11), 847–852.
- Hayati, S., & Saputra, L. A. (2023). Pengaruh Motivasi Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Dengan Kepuasan Kerja Sebagai Variabel Intervening Pada Cv. Jaya Anugrah. *Business Management*, 2(1), 49–53. <https://doi.org/10.58258/bisnis.v2i1.5430>
- Hudaiva, R. (2020). Gambaran Pengetahuan tentang Konjungtivitis. *Program Studi Sarjana Keperawatan Fakultas Keperawatan Universitas Jember*, 2022.
- Hutapea, O., Rhomadhoni, M. N., Ayu, F., Sunaryo, M., Dwikoryanto, M., Thoba, M. N. D., & Sudarmawan, A. (2024). Penerapan Program Kenali Risiko Lingkungan Kerja (KELINGAN) sebagai Upaya Pencegahan Penyakit Akibat Kerja. *To Maega : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.35914/tomaega.v7i1.2006>

- Ikhwan, M. (2022). Identifikasi Bahaya, Risiko Kecelakaan Kerja Dan Usulan Perbaikan Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 1(I), 42–52. <https://doi.org/10.55826/tmit.v1ii.13>
- Kemenkes RI. (2016). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 56 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Pelayanan Penyakit Akibat Kerja. *Menteri Kesehatan*, 1–35.
- Kementerian Kesehatan. (2023). Permenkes No. 2 Tahun 2023. *Kemenkes Republik Indonesia*, 55, 1–175.
- Kementerian Ketenagakerjaan. (2022). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 11 Tahun 2022 tentang Pelayanan Kesehatan Penyakit Akibat Kerja. *Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, 69(555), 1–53.
- Lestari, M., & Utami, T. N. (2023). Studi Kasus : Analisis Penyebab Cedera Mata Pada Pekerja Pemanen Kelapa Sawit Di PTPN IV Adolina. *HIJP : Health Information Jurnal Penelitian*, 15, 1–12. <https://myjurnal.poltekkes-kdi.ac.id/index.php/hijp>
- Lin, C. C., Chiu, C. C., Lee, P. Y., Chen, K. J., He, C. X., Hsu, S. K., & Cheng, K. C. (2022). The Adverse Effects of Air Pollution on the Eye: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031186>
- Mareta, O. (2022). *analisis konsentrasi polutan Pb,TSP,PM2.5,dan PM10 serta kajian implementasi sistem pengelolaan kualitas udara di bengkel x.* 17513071, 3–5.
- Maulidhiah, N. L. (2021). *sistem pengendalian kadar debu pada ruangan menggunakan pengendali PID.* 6.
- Muhammad, M., Marwan, M., Zaki, M., & Munawar, E. (2022). Potensi Pemanfaatan Gas Karbon Dioksida (CO2) sebagai Density Agent untuk Larutan Pemisah Cangkang dan Kernel Sawit. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2736–2743. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3883>
- Nando, ragil nofra, & Yuamita, F. (2021). *Jie.upy.* 1(1), 17–22.

- Nirmala, D. S., & Prasasti, C. I. (2016). Concentration of PM2,5 and Characteristic Analysis of Workers with Health Complaints Smoked Fish Workers in Tambak Wedi Village Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.20473/jkl.v8i1.2015.57-68>
- Nur, A., Tutut, Aini Mahbubah, N., & Zainuddin Fathoni, M. (2021). Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proses Fabrikasi Dengan Menggunakan Metode Hirarc (Studi Kasus : Pt. Ravana Jaya). *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 1–32.
- Nurul, A. F., Febie Irsandy Syahruddin, Sri Irmandha Kusumawardhani, Nur Aulia, & Nurul Fadilah Ali Polanunu. (2024). Karakteristik Konjungtivitis di Klinik Jec Orbita Periode Januari 2022 - Juni 2022. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 3(12), 904–909. <https://doi.org/10.33096/fmj.v3i12.255>
- Pamungkas, E. P. (2022). Analisis Konsentrasi Polutan TSP, PM2.5, PM10 dan PB Bengkel Motor Resmi (Studi Kasus: UD. Utama Motor Sleman). *Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*, 1–47.
- Parlupi, B., Yudha, R. C., & Hermanus, S. P. S. (2019). *Koleksi Tanaman Kebun Sekolah Sdn Tahai Baru 2 Penyusun Disain & Tata letak*.
- Pitaloka, A., & Adriyani, R. (2016). *Produksi Pt . Varia Usaha Beton , Sidoarjo The Exposure Of Pm10 Dust And The Complaint Of Eye ' S Health From Employee Of Production Department Pt . Varia Usaha Beton , Sidoarjo Fakultas Kesehatan Masyarakat , Program Studi Kesehatan Masyarakat Universita*.
- Pradila, E., Studi, P., Kesehatan, S., & Sekolah, M. (2022). *Makalah hygiene industri*.
- Prasmatiwi, F., Ismono, R. H., Lestari, D. A. H., & Fitriani, F. (2023). Kinerja Usahatani dan Rantai Pasok Kelapa Sawit Rakyat Pola Mandiri Di Kabupaten Tulang Bawang Provinsi Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 23(1), 151–162. <https://doi.org/10.25181/jppt.v23i1.2586>
- Pratama, M. F., Ismiyah, E., & Rizqi, A. W. (2022). Analisis Risiko (K3) Metode Hazard Identification Risk Assesment And Risk Control (HIRARC) di Departemen Laboratorium PT. ABC. *Jurnal Ilmiah Giga*, 25(2), 88. <https://doi.org/10.47313/jig.v25i2.1922>
- Primasanti, Y., & Herawati, vitri dyah. (2022). analisis paparan debu pada

departemen pemintalan benang PT. PBTS. *Journal of the Japan Welding Society*, 91(5), 393–397. <https://doi.org/10.2207/jjws.91.393>

Putra, F. I., Marisdayana, R., & Wuni, C. (2022). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Konjungtivitis pada Pekerja Bengkel Las di Kecamatan Kotabaru Jambi Tahun 2021. *GALENICAL : Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh*, 1(4), 84. <https://doi.org/10.29103/jkkmm.v1i4.9153>

Putri, I. H. (2024). *Pengaruh Paparan Debu dan Karakteristik Individu Terhadap Kapasitas Paru pada Tenaga Kerja di Unit Produksi di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar Tahun 2024*.

Rahardja, I. B., Abinanda, E., & Siregar, A. L. (2022). Water Tube Boiler Pabrik Kelapa Sawit Kapasitas 45 Ton/Jam. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 14(1), 39–54. [https://journal.cwe.ac.id/index.php/jurnal\\_citrawidyaedukasi/article/view/269](https://journal.cwe.ac.id/index.php/jurnal_citrawidyaedukasi/article/view/269)

Rahma, N., Binarsa, D. B., & Jatmiko, A. C. (2022). Upaya Preventif Insiden Penyakit Akibat Kerja Pada Perusahaan Industri Baterai. *CoMPHI Journal: Community Medicine and Public Health of Indonesia Journal*, 3(2), 73–81. <https://doi.org/10.37148/comphijournal.v3i2.105>

Rahmadani, M. A., & Mahmud, N. U. (2024). *Hubungan Kualitas Udara Dan Kelembaban Udara Dengan Iritasi Mata Pada Pekerja Laki-Laki Di Projek Rs Upt Vertikal Makassar*. 5(6), 967–973.

Rahmillah, M. (2020). Hubungan Kadar Debu Di Udara Dengan Gangguan Kesehatan Pada Pedagang Kaki Lima Di Jalan Perintis Kemerdekaan Km 10 Kota Makassar. *Repository Universitas Hasanudin*, 1–7.

Ramadhanti, C., Rahmadani, A. R., & Dewanti, D. W. (2023). Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko (Ibpr) Menggunakan Metode Hirarc Pada Pt Xyz. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 9(2). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol9.iss2.2023.995>

Safitri, D., Perdana, R., Marlina, A. R., & Rahayu, S. M. (2023). Pengertian, Penyebab, Pencegahan dan Penanggulangan Penyakit Akibat Kerja. *Nusadaya Journal of Multidisciplinary Studies*, 1(5), 8–10. <https://ejurnal.aarsmataram.ac.id/index.php/njms/article/view/30/28>

- Sari, V. P. (2020). *Dampak Pencemaran Udara Oleh Pabrik Kelapa Sawit di Lingkungan Masyarakat (Studi Kasus Desa Sungai Bawang Kabupaten Kuantan Singingi)*. 1–23.
- Schollaert, C., Austin, E., Seto, E., Spector, J., Waller, S., & Kasner, E. (2023). Wildfire Smoke Monitoring for Agricultural Safety and Health in Rural Washington. *Journal of Agromedicine*, 28(3), 595–608. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2023.2213232>
- Sinulingga, G. (2022). *Stasiun Boiler Dan Kernel Ptp Nusantara Vi Jambi - Sumbar Skripsi Oleh : Gaeline Eka Putri Sinulingga Fakultas Kesehatan Masyarakat*.
- Sinurat, F. W., Yusuf, F. H., Rahmadani, F., Khaila, S. N., Malau, U. C., & Ramanda, Y. (2024). TALENTA Conference Series. *Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Industri Pengolahan Kelapa Sawit: Evaluasi, Optimalisasi Kepatuhan Regulasi, Dan Implementasinya Di PT S*, 2(1), 0–8. <https://doi.org/10.32734/ee.v7i1.2208>
- Siregar, D. (2023). analisis risiko paparan debu PM10 pada pekerja pabrik kelapa sawit (PKS) di PT.Kresna Duta Agroindo tahun 2022. *Nucl. Phys.*, 13(1), 104–116.
- Sitorus, R., Sitompul, R., Widyawati, S., & Bani, A. (2020). *buku ajar oftalmologi: edisi pertama cetakan ke-2*.
- Subhaktiyasa, P. G. (2024). Pemahaman Komprehensif Perlaku Membolos Siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9, 2721–2731.
- Sucirahayu, C. A., Zulkarnain, M., Sitorus, R. J., Windusari, Y., Sari, N., & Fajar, N. A. (2023). Sistematik Review: Penyakit-penyakit akibat kerja di Bidang Industri dan Pengendaliannya. *Health Information : Jurnal Penelitian*, 15(3), 1–12.
- Suherni, S., Syukri, M., Noerjoedianto, D., & Aswin, B. (2021). Determinan Keluhan Konjungtivitis Pada Pekerja Las Di Kecamatan Jelutung Kota Jambi. *Jurnal Kesmas Jambi*, 5(1), 21–27. <https://doi.org/10.22437/jkmj.v5i1.12398>
- Sulastri, S. I., & Andika, S. (2024). Pengaruh Harga Crude Palm Oil (Cpo), Minyak Dunia Dan Foreign Direct Investment (Fdi) Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Asia Tenggara Ditinjau Dari Perspektif Ekonomi Syariah. *Growth*, 21(2), 443. <https://doi.org/10.36841/growth-journal.v21i2.3971>

Tobing, C. M. B. (2022). *Faktor Yang Berhubungan Dengan Penyakit Akibat Kerja Pada Pekerja Las Di Pt. Wahanakarsa Swandari Andalas Karya Mulia Tahun 2022.*

Verojenases, F., Silaban, A., Banjarnahor, S. K. A., & Irkhos. (2025). Identifikasi Kadar PM<sub>2,5</sub> , PM<sub>10</sub> , CO , dan CO<sub>2</sub> di Sekitar PLTU Teluk Sepang Menggunakan Air Quality Detector. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 14(4), 368–378.

Vitaloka, N., Ningrum, R., & Sedani, N. (2024). *Karakteristik Penderita Penyakit Konjungtivitis pada Poliklinik.* 4(3), 337–343.

Wandini, P., Widya Astuti, A., & Sayudin, S. (2024). Konjungtivitis: Kajian Anatomi, Histologi, Dan Etiologi Pada Kesehatan Mata. *Jurnal Locus Penelitian Dan Pengabdian*, 3(1), 79–91. <https://doi.org/10.58344/locus.v3i1.2418>

Wisudawati, N., & Patradhiani, R. (2020). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Metode Hazard Analysis (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Perumahan). *Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.32502/js.v5i1.2971>

Yuli, A., Sudi, A., Muhammad, F., Subhan, Sugistria, Hadi, P., Khair, Arnes, B., & Putri. (2022). *Profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022.*

Zulfiqar, Rafique, Habib, Qader, Asghar, & Riaz. (2024). Conjunctivitis Infection: a Brief Review on Its Classification, Etiology and Therapeutic Interventions. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, 2024(1), 780. <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2024i1.780>