



Jurnal **Keselamatan, Kesehatan** **Kerja dan Lingkungan** **(JK3L)** Volume 05 No 2 Tahun 2024



ISSN 2776-4133



Penilaian Risiko Kegagalan *Overhead Crane* dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fishbone Diagram*

Risk Assessment Failure of Overhead Crane using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fishbone Diagram Methods

Mades Darul Khairansyah^{1*}, Haidar Natsir Amrullah¹, Nurul Faridah Qurratuláini¹

1. Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

***Corresponding Author : Mades Darul Khairansyah**

Email : mades@ppns.ac.id

ABSTRAK

Overhead crane adalah salah satu jenis pesawat angkat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan suatu barang pada proses produksi. Penggunaan *gantry crane* pada perusahaan beton di Mojokerto beroperasi selama 24 jam per hari yang dapat menyebabkan kegagalan komponen sehingga menghambat proses produktivitas. Pelaksanaan waktu penelitian dimulai dari bulan November 2023 hingga Juni 2024. Berdasarkan data kegagalan yang dimiliki oleh perusahaan beton diketahui bahwa sebanyak 144 kali pada *overhead crane* rentang waktu 2021 hingga 2023. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kegagalan pada *overhead crane* sehingga dapat mengurangi risiko bahaya yang diakibatkan oleh kegagalan beroperasi. Penggunaan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fishbone Diagram* diperlukan dalam menganalisis kegagalan komponen. Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan dari masing-masing komponen. Pada *fishbone diagram* untuk menemukan kemungkinan penyebab masalah atau faktor-faktor berdasarkan komponen dengan *Risk Priority Number (RPN)* tertinggi. Hasil dari analisis FMEA didapatkan bahwa komponen pada *overhead crane* yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah *wire rope* dengan mode kegagalan *wire rope* rantas diperoleh nilai RPN sebesar 120. Setelah itu dianalisis lebih lanjut untuk menentukan penyebab kegagalan menggunakan *fishbone diagram* dan ditemukan 8 faktor yang menjadi akar penyebab *wire rope* rantas. Faktor-faktor tersebut adalah *man, method, machine, materials, measurements, management, maintenance, dan environment*.

Kata Kunci : *Failure Mode and Effect Analysis, Fishbone Diagram, Overhead crane, RPN*

ABSTRACT

Overhead crane is a type of lifting equipment used to lift and move goods in the production process. In concrete companies, gantry cranes serve as primary assisting tools operating 24 hours a day can lead to component failures, thereby hindering productivity. Based on failure data from 2021 to 2023, the company experienced 144 incidents with overhead cranes. This research aims to analyze the risk of failure in overhead cranes so that it can reduce the risk of danger caused by failure to operate. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fishbone Diagram methods are employed to analyze component failures. FMEA method is used to identify the failure mode of each component. The Fishbone Diagram helps identify potential basic causes based on components with the highest Risk Priority Number (RPN). The results of the FMEA analysis showed that the component on the overhead crane that had the highest RPN value was wire rope with the wire rope chain failure mode obtaining an RPN value of 120. Further analysis using the Fishbone Diagram identified 8 factors contributing to wire rope wear, such as a man, method, machine, materials, measurements, management, maintenance, and environment.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, Fishbone Diagram, Overhead crane, RPN

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya sektor industri manufaktur di Indonesia, proses produksi dengan kapasitas semakin besar dilakukan oleh perusahaan untuk memenuhi target pemesanan konsumen. Industri manufaktur adalah jenis industri yang memproduksi bahan baku menjadi produk jadi atau setengah jadi. Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur adalah perusahaan produksi beton *pre-cast*. Dalam kegiatan produksi beton, dibutuhkan alat bantu untuk memindahkan dan mengangkat barang. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No.8 Tahun 2020 (PER/8/MEN/2020), pesawat angkat adalah alat angkat yang digunakan untuk mengangkat, menurunkan, mengatur dan menahan muatan¹. Dalam hal ini *overhead crane* adalah salah satu jenis pesawat angkat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan barang dalam proses produksi beton.

Overhead crane adalah salah satu jenis *crane* yang bergerak membawa *hoist* dan berjalan di atas kepala pada landasan pacu tetap seperti jembatan melintang². Prinsip kerja pesawat angkat jenis *crane* ini sebagai pengangkat atau *hoist* tetap bergerak pada jembatan gerak atau girder yang berjalan pada lintasan *overhead runway* yang tetap³. Alat ini beroperasi selama 24 jam dengan penggunaan sesuai kebutuhan dan fungsinya. Hal tersebut mengakibatkan alat berat rentan terjadi kegagalan komponen dan dapat menghambat proses produksi. Kondisi pengoperasian yang dilakukan secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan kinerja pada mesin⁴.

Upaya perawatan berupa *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* telah dilakukan oleh perusahaan beton di Mojokerto tetapi kenyataan di lapangan ditemukan 144 kegagalan pada fungsi komponen *overhead crane*. Kegagalan operasi pada *overhead crane* dapat menjadi potensi bahaya. Potensi bahaya yang tidak dapat dikendalikan dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja⁵. Akibat yang terjadi dari kegagalan komponen yaitu dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Salah satu contoh kasus di perusahaan beton yang terjadi yaitu *hoist motor* yang *overload* karena *contact point* dan platina terbakar sehingga menyebabkan pekerja tersengat listrik dan mengganggu proses produksi.

Dari permasalahan di atas perlu dilakukan

analisis kegagalan pada *overhead crane* dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *fishbone diagram* agar tidak menghambat proses produksi dan mengurangi bahaya dari kegagalan komponen yang berisiko kecelakaan kerja⁶. Penggabungan kedua metode tersebut juga telah diterapkan di bidang manufaktur untuk menganalisis penyebab kerusakan *hot rooler table*⁷. Selain itu, penggunaan metode FMEA dan *fishbone diagram* telah diterapkan di perusahaan galangan kapal untuk mengidentifikasi kegagalan fungsi, penyebab, dan akibat kerusakan mesin sanblasting⁸. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu perbedaan lokasi dan objek penelitian. Dari hasil wawancara dengan operator, supervisor mekanik, dan HSE inspektor didapat bahwa lokasi penelitian ini terdapat beberapa faktor yang menyebabkan permasalahan terjadi, diantaranya adanya faktor dari tenaga kerja, metode, material, manajemen, dan lingkungan kerja.

Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi munculnya kegagalan komponen⁹. Tujuan penggunaan FMEA adalah menentukan tindakan untuk meminimalisir dan mengurangi risiko bahaya terutama untuk prioritas tertinggi. Hasil dari metode FMEA berupa nilai risiko dalam bentuk *Risk Priority Number* (RPN)¹⁰. Komponen dengan nilai RPN tertinggi akan dianalisis lebih lanjut *fishbone diagram* untuk mencari penyebab dasar kegagalan komponen. *Fishbone diagram* adalah sebuah diagram analisis faktor penyebab dari kegagalan atau ketidaksesuaian hingga menganalisis ke sub paling dalam dari faktor penyebab timbulnya masalah¹¹. Diagram ini akan menguraikan faktor yang menjadi penyebab dari konsekuensi masalah¹². Tujuan dari metode ini untuk membantu peneliti dalam menguraikan penyebab kegagalan atau faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan komponen sehingga mempermudah dalam menentukan pengendalian yang tepat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *fishbone diagram*. Untuk mempermudah dalam menyusun FMEA, langkah yang harus dilakukan yaitu membuat *Functional Block*

Diagram (FBD). *Functional Block Diagram* (FBD) dibuat untuk menunjukkan hubungan antar fungsi komponen penyusun sistem yang ditunjukkan secara visual dengan gambar blok dan garis panah sebagai aliran utama¹³.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung, wawancara berupa pertanyaan berisi informasi mengenai komponen *overhead crane* dan data sekunder didapatkan dari dokumen perusahaan. Penelitian ini dilakukan dilakukan dengan bantuan *expert judgement* yang terdiri dari *inspector* HSE, supervisor mekanik, dan operator *overhead crane* untuk memeriksa penilaian risiko dan penyebab kegagalan. Penilaian *expert judgement* adalah pandangan atau pemikiran yang diberikan oleh pakar ahli dan kompeten dalam menentukan suatu keputusan sesuai bidang yang dikuasainya¹⁴. Pemilihan *expert judgement* dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria berdasarkan pengalaman dan pengetahuan tentang *overhead crane*.

1. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan salah satu metode analisa identifikasi mode kegagalan dari tiap komponen dan menentukan tingkat prioritas risiko kegagalan. FMEA menggunakan 3 kriteria untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yaitu tingkat keparahan atau kerusakan (*severity*), frekuensi kegagalan yang terjadi (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*)¹⁵. Metode FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, kemungkinan terjadinya dan pengaruh terhadap sistem¹⁶. Dari FMEA akan ditemukan *function*, *function failure*, *failure mode*, dan *failure effect*¹⁷.

Rumus RPN:

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots(1)$$

Dengan

S = *Severity*

O = *Occurrence*

D = *Detection*

Dalam penentuan nilai SOD dapat melihat Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3¹⁸.

Tabel 1. Tingkat *Severity*

Nilai	<i>Criteria of Severity Effect</i>
1	Tidak ada efek
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
5	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
7	Pengurangan fungsi utama
8	Kehilangan fungsi utama
9	Masalah keamanan pada fitur utama dan peringatan dipicu
10	Masalah keamanan dan mesin tidak bekerja sama sekali

Tabel 2. Tingkat *Occurrence*

Nilai	<i>Criteria of Occurrence Effect</i>
1	1 kali dalam > 10000 jam operasi mesin
2	1 kali dalam 10000 jam operasi mesin
3	1 kali dalam 6000 jam operasi mesin
4	1 kali dalam 3000 jam operasi mesin
5	1 kali dalam 2000 jam operasi mesin
6	1 kali dalam 1000 jam operasi mesin
7	1 kali dalam 400 jam operasi mesin
8	1 kali dalam 100 jam operasi mesin
9	1 kali dalam 10 jam operasi mesin
10	1 kali dalam 2 jam operasi mesin

Tabel 3. Tingkat *Detection*

Nilai	<i>Criteria of Detection Effect</i>
1	Pasti terdeteksi
2	Sangat mungkin dideteksi
3	Kemungkinan dapat dideteksi
4	Besar kemungkinan akan ditemukan
5	Peluang sedang untuk ditemukan
6	Kecil kemungkinannya untuk terdeteksi
7	Sangat tidak mungkin terdeteksi
8	Probabilitas rendah dan sulit dideteksi
9	Probabilitas sangat rendah dan sangat sulit untuk dideteksi
10	Tidak mampu terdeteksi

2. Fishbone Diagram

Fishbone diagram merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk analisa penyebab kegagalan yang melibatkan hubungan dari beberapa faktor penyebab. Penggunaan metode ini yaitu untuk mengidentifikasi sejumlah potensi penyebab dari suatu kegagalan sehingga dapat menentukan tindakan pengendalian¹⁹. Faktor-faktor yang mempengaruhi suatu kegagalan komponen

yaitu *man power, method, machine, materials, measurements, environment, maintenance* dan *management*²⁰.

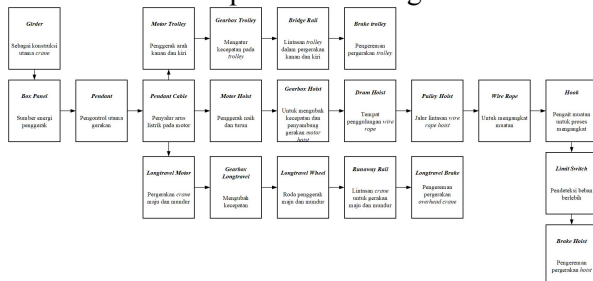
HASIL PENELITIAN

Dalam suatu penelitian, tahap yang perlu dilakukan setelah pengumpulan data yaitu pengolahan data. Pada penelitian ini diperoleh data sekunder perusahaan berupa daftar komponen dan fungsi dari masing-masing komponen *overhead crane*. Setelah diketahui fungsi komponen dari *overhead crane* maka dilakukan pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD).

1. Functional Block Diagram (FBD)

Pembuatan FBD pada komponen *overhead crane* digunakan untuk memberikan informasi proses kerja dan mempermudah dalam penyusunan FMEA.

Hasil FBD dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. *Functional Block Diagram Overhead Crane*

Pada Gambar 1 merupakan hubungan fungsi komponen yang menunjukkan proses kerja *overhead crane*. Jika terjadi kegagalan pada salah satu komponen akan mengganggu kinerja mesin. Dari komponen yang terdapat di FBD akan dicantumkan ke *worksheet* FMEA.

2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Penggunaan metode ini untuk mengidentifikasi mode kegagalan, efek kegagalan, dan menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Efek dari mode kegagalan memiliki nilai berupa angka yang menggambarkan tingkat keparahan (*severity*), tingkat frekuensi kegagalan (*occurrence*), dan tingkat dalam mendeteksi keberadaan mode kegagalan (*detection*). Maka dari itu, didapatkan nilai RPN pada setiap *failure mode* komponen *overhead crane* dari hasil perkalian

severity, occurrence, dan detection

Tabel 4. Nilai RPN Komponen *Overhead Crane*

Komponen	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
Girder	Retak pada bagian konstruksi crane	Sambungan girder patah dan menimpa orang di sekitar	9	2	2	36
	Konstruksi girder miring	Pondasi tidak kuat dan berpotensi patah	8	3	2	48
Box panel	Kabel putus	Tidak ada aliran listrik dan menghambat pengangkatan	9	3	2	54
	Kontaktor rusak	Sambungan kontak mengalami overheating	10	3	3	90
	Unit lock pintu rusak	Tidak dapat membuka dan mengecek isi box panel	5	2	4	40
	Short circuit	Box Panel terbakar dan pengoperasian overhead crane terhenti	9	2	3	54
Pendant	Tombol rusak	Tombol sulit untuk dikendalikan	8	3	2	48
	Cross button error	Motor cross drive tidak dapat beroperasi	8	3	2	48
	Selectorswitch patah	Tidak dapat mengganti fungsi hoist	6	2	2	24
	Kabel putus	Proses pengangkatan dan pemindahan benda terhambat	8	2	2	32
Pendant cable	Kabel putus	Menyebabkan terjadi konsleting	8	2	2	32
	Kabel rusak/terkelupas	Dapat mengakibatkan hubungan arus pendek/konsleting listrik	10	3	3	90
Runaway rail	Runaway rail berkarat	Tidak dapat bergerak maju dan mundur	8	2	2	32
	Rel mengalami keretakan	Roda crane keluar dari lintasan rel	7	2	3	42
Bridge rail	Bridge rail aus	Crane tidak dapat berjalan ke kanan dan kiri	8	2	3	48
	Bagian konstruksi rail trolley patah	Proses pengangkatan dan pemindahan benda terhambat	8	2	3	48
Longtravel motor	Bearing aus	Dapat menyebabkan suhu motor naik dan terjadi overheating	10	2	3	60
	Terbakar	Motor tidak	10	3	2	60

Khairansyah dkk, Penilaian Risiko Kegagalan Overhead Crane dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram

Komponen	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
		bisa bergerak sehingga tidak dapat digunakan				
	Bearing rusak	Bearing menjadi pecah	7	2	3	42
Longtravel wheel	Roda aus	Dapat mengakibatkan pergerakan roda tidak stabil	8	2	3	48
	Bearing rusak	Crane sulit bergerak dan dikendalikan saat beroperasi	9	3	4	108
	Baut lepas	Pergerakan roda tidak stabil karena menjadi kendur	8	2	3	48
Longtravel brake	Pen kampas patah	Sistem pengereman tidak dapat berfungsi	10	2	3	60
	Kampas rem aus	Proses pengereman terhambat	8	3	2	48
Gearbox longtravel	Pinion aus	Dapat mengakibatkan roda gigi patah	9	2	3	54
	As gearbox patah	Overhead crane tidak dapat bergerak maju dan mundur	8	3	2	48
	Gear pinion drive well lepas	Roda gigi tidak bisa bergerak dan crane beroperasi tidak maksimal	8	2	2	32
Hoist motor	Motor hoist terbakar	Motor hoist tidak dapat berfungsi	10	2	2	40
	Aux kontaktor hoist tidak bisa up	Fungsi hoist up tidak bekerja	9	3	2	54
	Kontaktor hoist tidak bisa down	Fungsi hoist down tidak bekerja	9	3	2	54
	Bearing rusak	Performa putaran pada motor menurun	8	3	3	72
Pulley hoist	Pulley aus	Mengakibatkan wire rope menumpuk pada drum hoist	7	2	4	56
	Pulley not working	Dapat mengakibatkan proses pengangkatan beban terhambat	8	3	2	48
Gearbox hoist	Gear aus	Dapat mengakibatkan gear patah	7	2	3	42
	Drum tidak dapat berputar	Mengakibatkan sulit mengontrol gerakan crane	8	2	2	32

Komponen	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
	Gearbox patah	Hoist tidak dapat beroperasi	8	2	2	32
Disk brake	Pen kampas patah	Motor hoist tidak dapat berfungsi	10	2	3	60
	Kampas rem aus	Mengakibatkan proses pengereman tersendat	8	2	3	48
Drum hoist	Ring lepas	Dapat mengakibatkan drum hoist tidak dapat digunakan	8	2	4	64
	Gear aus	Beban yang diangkat terjatuh	9	3	2	54
	Ada noise bearing drum hoist	Bearing drum hoist patah	9	2	3	54
Wire rope	Wire rope clamp rusak	Dapat mengakibatkan wire rope terputus	9	2	3	54
	Diameter wire rope menyusut	Dapat menyebabkan wire rope terlepas	9	2	4	72
	Lock wire rope lepas	Serat putus akibat kekuatan wire rope berkurang sehingga risiko beban menimpa area bawah	9	3	3	81
	Rantas	Dapat menyebabkan beban yang diangkat jatuh	10	3	4	120
Hook	Safety Latch penyok	Dapat menyebabkan hook tidak dapat digunakan karena patah	9	2	2	36
	Hook retak	Crane tidak dapat bergerak maju dan mundur	9	3	2	54
Gearbox trolley	Gear aus	Dapat mengakibatkan roda gigi patah	8	3	2	48
	Pinion aus	Trolley berhenti saat akan dioperasikan	8	2	3	48
	Gear patah	Bearing pecah hingga mengalami overheating	8	2	2	32
Trolley motor	Bearing rusak	Trolley tidak dapat digunakan	9	2	2	36
	Terbakar	Sulit melakukan pengereman trolley	10	2	2	40
Brake trolley	Kampas rem lepas	Proses pengereman terhambat	8	2	2	32

Komponen	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
	Kampas rem aus	Trolley tidak dapat bergerak ke kanan dan kiri	8	2	2	32
Trolley wheel	Bearing roda pecah	Trolley sulit bergerak dan dikendalikan saat beroperasi	8	3	3	72
	Aus	Tidak dapat mendeteksi beban dengan benar sehingga dapat mempengaruhi proses pengangkatan	8	2	3	48
Limitswitch	Gagal mendeteksi beban berlebih	Tidak dapat mendeteksi beban dengan benar sehingga dapat mempengaruhi proses pengangkatan	9	3	3	81
	Salah deteksi	Wire rope dan beban akan menimpa area bawah	9	2	4	72

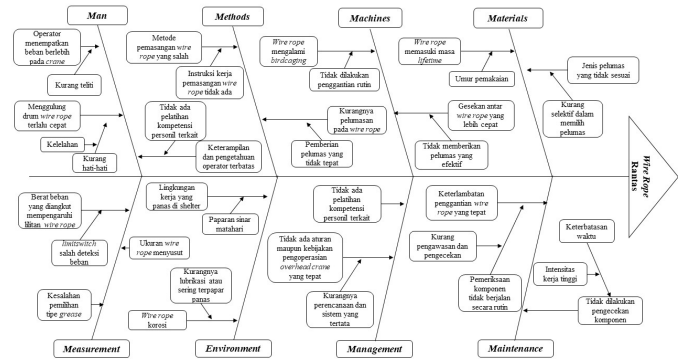
Nilai RPN yang didapat adalah tingkat prioritas pengendalian risiko sehingga hasil identifikasi menunjukkan bahwa *wire rope* rantas adalah komponen dengan nilai RPN tertinggi. Tabel 5 adalah cuplikan uraian dari hasil *worksheet* FMEA komponen *wire rope* rantas.

Tabel 5. Cuplikan Hasil FMEA Komponen Overhead Crane dengan Nilai RPN Tertinggi

Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
Sebagai pengangkat muatan	Sulit mengontrol gerakan angkat muatan	Rantas	Serat putus akibat kekuatan <i>wire rope</i> berkurang sehingga risiko beban menimpa area bawah	10	3	4	120

3. Fishbone Diagram

Mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi dari FMEA dilakukan analisa lebih lanjut untuk menentukan penyebab dasar kegagalan. Adapun hasil penentuan penyebab *fishbone diagram* sesuai dengan Gambar 2.



Gambar 2. Fishbone Diagram Overhead Crane

Masing-masing *basic cause* dari 8 faktor yang mempengaruhi *wire rope* rantas antara lain:

- Man:** Kurang teliti dan kelelahan kerja.
- Methods:** Instruksi kerja pemasangan *wire rope* tidak ada dan pemberian pelumasan tidak tetap.
- Machines:** Tidak dilakukan penggantian *wire rope* *birdcaging*.
- Materials:** Umur pemakaian dan tidak ada pengecekan jenis pelumas.
- Measurements:** Berat beban melebihi kapasitas.
- Environment:** Korosi dan paparan sinar matahari
- Management:** Tidak ada pelatihan kompetensi operator.
- Maintenance:** Kurang dalam pengawasan dan pengecekan komponen dan keterlambatan penggantian *wire rope*.

PEMBAHASAN

1. Functional Block Diagram (FBD)

Diketahui bahwa pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD) Overhead crane didasarkan antara hubungan fungsi antar komponen utama. Dimana simbol persegi menunjukkan fungsi dari komponen dan anak panah menjelaskan aliran proses sistem. Dari komponen yang terdapat di FBD akan dicantumkan ke dalam lembar FMEA untuk diidentifikasi mode kegagalan, dampak, dan tingkat prioritas masing-masing komponen.

Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa hubungan fungsi komponen satu dengan lainnya. Jika terjadi kegagalan pada salah satu komponen akan mengganggu kinerja *overhead crane*.

2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Hasil identifikasi risiko didapatkan *output* berupa nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari hasil perkalian nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Penentuan nilai SOD didapat dari keputusan supervisor mekanik, HSE inspektor, dan operator *overhead crane* dengan didukung oleh data kegagalan perusahaan. Perbedaan pendapat pada hasil penentuan nilai SOD diambil dari pendapat salah satu *expert judgement* yang lebih memahami (*expertise*) dan berpengalaman terhadap komponen alat berat tersebut.

Pada Tabel 6. diketahui bahwa cuplikan hasil FMEA pada komponen *wire rope* yang berfungsi sebagai pengangkat muatan. Kegagalan yang terjadi yaitu *wire rope* rantas yang memiliki nilai RPN sebesar 120 menyebabkan serat putus akibat kekuatan *wire rope* berkurang dan risiko beban terjatuh.

Penilaian terhadap terhadap *severity* (keparahan) pada *wire rope rantas* diberikan nilai 10 karena saat *wire rope* mengalami rantas menyebabkan kekuatan *wire rope* berkurang akibat serat putus. Dari hal tersebut menyebabkan *wire rope* putus dan beban terjatuh menimpa area bawah sekitar (masalah keamanan dan mesin tidak bekerja sama sekali). Penilaian terhadap *occurrence* (keserangan) terjadinya *wire rope* rantas diberikan nilai 3 karena kegagalan terjadi 1 kali dalam jangka penggunaan selama 6000 jam berdasarkan data kegagalan *gantry crane* perusahaan. Penilaian terhadap *detection* (pendeteksian kegagalan) yang dialami oleh *wire rope* rantas berupa proses penggulangan tidak lancar sehingga diberikan nilai 4 yang artinya kemungkinan dapat dideteksi karena dapat dilihat secara visual dan ada perubahan mal fungsi.

3. Fishbone Diagram

Pada Gambar 2. diketahui bahwa penyebab kegagalan *wire rope* rantas dipengaruhi oleh 8 faktor penyebab. Faktor-faktor yang terlibat antara lain, *man*, *method*, *machine*, *materials*, *measurements*, *environment*, *maintenance*, dan *management*. *Fishbone diagram* bertujuan sebagai

representasi visual yang tepat dalam identifikasi faktor dan hubungan antar faktor.

Beberapa penyebab diantaranya yaitu *wire rope* mengalami *birdcaging* (Bagian inti atau *core* pada *wire rope* terbuka). Hal ini diakibatkan tekanan yang terlalu kuat pada *wire rope* dan beban melebihi kekuatannya. Selain itu kurang pemberian pelumas pada *wire rope* dapat menyebabkan rantas.

4. Rekomendasi

Langkah selanjutnya yaitu pemberian rekomendasi pengendalian risiko berdasarkan hierarki pengendalian. Fungsi dari pengendalian yaitu untuk meminimalisir terjadinya kegagalan komponen yang dapat mempengaruhi kinerja *overhead crane*. Berikut adalah beberapa strategi pengendalian yang dapat dilakukan:

- Eliminasi : Pengendalian ini tidak dapat dilakukan karena pengoperasian memerlukan *wire rope* sebagai pengangkat muatan.
- Substitusi : Penggantian *wire rope* yang *birdcaging* dengan *wire rope* yang baru agar mencegah serat putus saat pengangkatan beban.
- Rekayasa Teknik :
 - Penggunaan pelindung pelapis untuk mencegah gesekan antara *wire rope* dan permukaan tajam.
 - Penggunaan *grease* untuk pelumasan agar mengurangi gesekan antara *wire* dan *strand*.
- Pengendalian Administratif :
 - Penambahan personil yang bertugas menjadi *helper* operator dan memastikan seluruh operator memiliki SIO.
 - Pembuatan instruksi kerja pemasangan *wire rope overhead crane*.
 - Pemasangan banner terkait cara penggunaan *wire rope*.
 - Pemasangan *safety tools* terkait kelayakan alat berat.
 - Membuat jadwal pengecekan rutin dengan menentukan frekuensi dan

kondisi kerja

- Supervisor dan HSE inspektor mengawasi pekerjaan di area pengoperasian *overhead crane*.
- Alat Pelindung Diri :
 - Safety shoes untuk melindungi kaki dari kejatuhan benda yang diangkat oleh *overhead crane*.
 - Safety helmet untuk melindungi kepala dari benda atau material yang diangkat oleh *overhead crane*.
 - Safety gloves untuk melindungi tangan dari goresan yang ditimbulkan peralatan kerja.
 - Ear plug untuk melindungi telinga dan meredam kebisingan pada area kerja *overhead crane* dan suara yang ditimbulkan dari pengoperasian *overhead crane*.
 - Wearpack untuk melindungi kulit tubuh dan kaki dari goresan yang ditimbulkan peralatan kerja

KESIMPULAN

Hasil analisis identifikasi kegagalan *overhead crane* dan pembahasan dalam penelitian yang menggunakan metode FMEA diperoleh bahwa komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu *wire rope* rantas dengan nilai sebesar 120. Komponen dengan nilai RPN tertinggi ditentukan penyebab dasar menggunakan *fishbone diagram*. Ditemukan 8 faktor penyebab *wire rope* rantas antara lain, *man, method, machine, materials, measurements, environment, maintenance* dan *management*.

Penelitian ini diharapkan untuk lebih meningkatkan lagi kesadarannya untuk melakukan pengecekan rutin terhadap komponen. Dapat menerapkan pengaplikasian rekomendasi pengendalian yang telah diberikan. Rekomendasi pengendalian dapat meminimalisir terjadinya kegagalan komponen yang dapat mempengaruhi kinerja *overhead crane*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih hal ini terutama pada perusahaan produksi beton di Mojokerto yang telah memberikan izin dan para *expert judgment* khususnya yang telah berkenan memberikan waktunya dan membantu penulis sehingga penulis

memperoleh informasi yang berguna terkait analisis risiko kegagalan pada *overhead crane* menggunakan metode FMEA dan *fishbone diagram*. Selain itu, penulis juga ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Tentang Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat Dan Pesawat Angkut. 2014;1–249. https://jdih.kemnaker.go.id/asset/data_puu/Permen_8_Tahun_2020.pdf
2. Novita L, Nawawinetu ED. Risk Assessment of Overhead Crane (OHC) Double Girder Operation in the Kapal Niaga Division in PT Pal Indonesia (Persero). Journal Of Vocational Health Studies. 2018 Nov 7;2(1):1.
3. Syarifudin A, Putra JT. Analisa Risiko Kegagalan Komponen pada Excavator Komatsu 150LC dengan Metode FTA DAN FMEA DI PT. XY. J InTent. 2021;4(2):1–10.
4. Wahyuningtias N, Amrullah HN, Khairansyah MD. Analisis Risiko Gondola Temporer pada Pekerjaan Repair Silo dengan metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA). In: *Conference on Safety Engineering and Its Application*. 2023. p. 14–20.
5. Rahman AA, Dhani MR, Santoso MY. Analisis Kegagalan Komponen Gantry Crane Menggunakan Metode FMECA di Perusahaan Manufaktur. In: *Conference on Safety Engineering and Its Application*. 2021;(2581):272–276.
6. Sufriyani Tanuwijaya M, Sukania W. Analisis Sistem Maintenance Mesin Produksi Steel pada PT. XYZ. 2021;88–94.
7. Anthony MB. Analisis Penyebab Kerusakan Hot Rooler Table dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). J INTECH Tek Ind Univ Serang Raya. 2018;4(1):1.
8. Putri GC, Subekti A, Santoso MY. Analisis Risiko Kegagalan Mesin Wet Sandblasting Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fishbone Diagram. In:

- Conference on Safety Engineering and Its Application. 2023. p. 393–398.
9. Rana S, Belokar RM. Quality improvement using FMEA: a short review. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017;4(6):263–7.
10. Hisprastin Y, Musfiroh I. Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri. *Maj Farmasetika*. 2020;6(1):1.
11. Monoarfa MI, Hariyanto Y, Rasyid A. Analisis Penyebab *Bottleneck* pada Aliran Produksi *Briquette Charcoal* dengan Menggunakan Diagram fishbone di PT. Saraswati Coconut Product. *Jambura Ind Rev*. 2021;1(1):15–21.
12. Cahya FA, Handayani W. Minimasi Waste Melalui Pendekatan Lean Manufacturing pada Proses Produksi di UMKM Nafa Cahya. *Al-Kharaj J Ekon Keuang Bisnis Syariah*. 2022;4(4):1199–208.
13. Department of the US Army. *Failure Modes, Effects And Criticality Analysis (FMECA) For Command, Control, Computer, Intelligence, Surveillance And Reconnaissance (C4ISR) Facilities*. Facilities. 2006;(September):75.
14. Benini A, Chataigner P, Noumri N, Parham N, Sweeney J, Tax L. *The Use of Expert Judgment in Humanitarian Analysis. Assess Capacit Proj*. 2017;29(August):489–497.
15. Ericson CA. Hazard Analysis Techniques For System Safety. John Wiley & Sons; 2015.
16. Ebeling CE. An introduction to reliability and maintainability engineering. Waveland Press; 2019.
17. Moubray J. *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial Press Inc.; 1997. p. 1–415.
18. Wang YM, Chin KS, Poon GKK, Yang JB. *Risk Evaluation In Failure Mode And Effects Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean*. *Expert Syst Appl [Internet]*. 2009;36(2 PART 1):1195–207. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2007.11.028>.
19. Fajrin F, Suharto A, Rozi AF. Fishbone Analysis Pada Kualitas Layanan Pt. Buana Perkasa Permai Jember. *J Chem Inf Model*. 2019;53(9):1689–99.
20. Pušnik M, Kous K, Godec A, Šumak B. *Process Evaluation and Improvement: A Case Study of The Loan Approval Process*. In: *Proceedings of the SQAMIA 2019: 8th Workshop on Software Quality, Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications*. 2019. p. 1613–73.

Status Sanitasi Lingkungan yang Berhubungan dengan Kejadian Dermatitis pada Nelayan

Environmental Sanitation Status Related to Dermatitis Incidents in Fishermen

Aria Gusti*, Wira Iqbal

Departemen Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

***Corresponding Author :** ariagusti@ph.unand.ac.id

Info Artikel : Diterima bulan Juli 2024; Disetujui bulan Agustus 2024; Publikasi bulan Agustus 2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara status sanitasi lingkungan dengan dermatitis pada keluarga nelayan di wilayah perkotaan. Studi analitik cross-sectional dilakukan dengan partisipasi 100 keluarga nelayan di wilayah perkotaan Kota Padang. Kuesioner digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui informasi demografi, pengalaman dermatitis selama setahun terakhir, dan status sanitasi lingkungan. Analisis data menggunakan statistik deskriptif dan analisis bivariat. Penelitian ini menemukan bahwa 51% keluarga nelayan di Kota Padang mengalami dermatitis, sedangkan 49% tidak mengalami kondisi tersebut. Terdapat hubungan yang signifikan antara sumber air bersih ($p=0,05$) dan tempat pembuangan sampah ($p=0,04$) dengan dermatitis. Namun, tidak ada hubungan yang signifikan antara jamban dengan dermatitis ($p=0,42$) serta fasilitas pembuangan air limbah ($p=0,96$). Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sumber air bersih dan pengelolaan sampah mempunyai peranan penting dalam mencegah terjadinya dermatitis, sedangkan faktor-faktor lain seperti jamban dan saluran pembuangan air limbah mungkin dipengaruhi oleh variabel-variabel lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini.

Kata Kunci : Dermatitis, Kesehatan lingkungan, Nelayan

ABSTRACT

This study aims to determine the relationship between environmental sanitation status and dermatitis in fishermen's families in urban areas. A cross-sectional analytical study was conducted with the participation of 100 fishermen's families in the urban area of Padang City. A questionnaire was used in this study to determine demographic information, dermatitis experience during the past year, and environmental sanitation status. Data analysis used descriptive statistics and bivariate analysis. This study found that 51% of fishermen's families in Padang City experienced dermatitis, while 49% did not experience the condition. There was a significant relationship between clean water sources ($p = 0.05$) and waste disposal sites ($p = 0.04$) with dermatitis. However, there was no significant relationship between latrines and dermatitis ($p = 0.42$) and wastewater disposal facilities ($p = 0.96$). Based on the results of this study, it can be concluded that clean water sources and waste management have an important role in preventing dermatitis, while other factors such as latrines and wastewater disposal channels may be influenced by other variables not examined in this study.

Keywords: Dermatitis, Environmental health, Fisherman

PENDAHULUAN

Sanitasi lingkungan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menjaga kesehatan masyarakat, terutama bagi kelompok rentan seperti keluarga nelayan. Fakta-fakta tambahan semakin memperkuat perlunya penelitian ini dilakukan. Menurut data WHO, 2,2 miliar orang di seluruh dunia tidak memiliki akses terhadap air minum yang dikelola secara aman,

dan 4,2 miliar orang tidak memiliki layanan sanitasi yang aman. Kondisi ini sangat mempengaruhi kesehatan kulit, termasuk risiko terjadinya dermatitis [1]. UNICEF juga melaporkan bahwa anak-anak di komunitas nelayan miskin mempunyai risiko lebih tinggi terkena penyakit kulit akibat sanitasi yang buruk, dengan tingkat prevalensi dermatitis mencapai 30% di beberapa wilayah pesisir [2]. Selain itu, nelayan juga sering terpapar bahan

kimia dari alat penangkapan ikan dan pembersihan kapal. Bahan kimia ini dapat mengiritasi kulit dan menyebabkan dermatitis kontak, penelitian menunjukkan bahwa 40% nelayan mengalami dermatitis kontak akibat paparan bahan kimia di tempat kerja [3]. Kondisi tempat tinggal yang padat dan tidak sehat juga merupakan faktor risiko tambahan.

Keluarga nelayan seringkali tinggal di lingkungan yang padat dan tidak higienis, sehingga dapat meningkatkan risiko penyebaran penyakit kulit. Penelitian menunjukkan bahwa lingkungan yang padat dan tidak higienis meningkatkan prevalensi infeksi kulit hingga 50% [4].

Dermatitis pada keluarga nelayan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, mulai dari kebersihan air yang digunakan sehari-hari, sanitasi tempat tinggal, hingga paparan bahan kimia atau organisme patogen yang mungkin ada di lingkungan sekitar. Kurangnya fasilitas sanitasi yang baik dapat menyebabkan pencemaran air dan lingkungan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko terjadinya dermatitis.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan adanya hubungan antara sanitasi lingkungan dengan kejadian dermatitis pada komunitas nelayan. Penelitian Smith dkk (2015) menyoroti hubungan antara kualitas air yang digunakan oleh keluarga nelayan dan kejadian dermatitis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kontaminasi air oleh bakteri dan bahan kimia berbahaya sangat berkontribusi terhadap peningkatan kasus dermatitis pada komunitas nelayan [5].

Lebih lanjut, penelitian yang dilakukan Johnson dan Green (2018) meneliti dampak sanitasi lingkungan terhadap kesehatan kulit pada keluarga nelayan di wilayah pesisir. Studi ini menemukan bahwa sanitasi yang buruk, seperti kurangnya akses terhadap jamban yang layak dan sistem pembuangan limbah yang efektif, berkorelasi dengan tingginya kejadian dermatitis di kalangan anak-anak nelayan [6].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Lee dan Kim (2020) berfokus pada paparan lingkungan kerja nelayan terhadap bahan kimia dan organisme patogen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa seringkali kontak dengan air laut yang tercemar dan penggunaan alat pembersih yang mengandung bahan iritan memperburuk kondisi kulit dan meningkatkan risiko dermatitis pada nelayan [7].

Sanitasi lingkungan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menjaga kesehatan masyarakat, terutama bagi kelompok rentan seperti keluarga nelayan. Keluarga nelayan seringkali hidup dalam kondisi lingkungan yang menantang dengan terbatasnya akses terhadap fasilitas sanitasi yang memadai. Keadaan ini dapat meningkatkan risiko berbagai penyakit, termasuk dermatitis, yaitu peradangan pada kulit yang sering disebabkan oleh kontak dengan bahan iritan atau alergen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan status sanitasi lingkungan dengan kejadian dermatitis pada keluarga nelayan di daerah perkotaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dengan desain *cross-sectional* ini dilakukan pada populasi nelayan yang tinggal di Kelurahan Pasie Nan Tigo, Padang dari Mei hingga Juni 2024. Metode *convenience sampling* digunakan untuk merekrut peserta dengan menargetkan nelayan yang tinggal di Kelurahan Pasie Nan Tigo. Besar sampel dihitung menggunakan pendekatan rumus Lemeshow yang diperkirakan sebesar 100 orang. Tingkat kepercayaan sebesar 95% dan tingkat kesalahan sebesar 5% ditetapkan.

Kuesioner digunakan dalam penelitian ini yang disiapkan peneliti untuk informasi demografi (termasuk usia, jenis kelamin, dan tingkat pendidikan), pengalaman dermatitis setahun terakhir, status sanitasi lingkungan (termasuk sumber air bersih, jamban, fasilitas pembuangan air limbah, dan tempat pembuangan sampah).

Setelah pengumpulan data, data dianalisis dengan menggunakan software SPSS versi 21. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif (frekuensi dan mean) dan analisis bivariate dan nilai p sebesar 0,05 dipertimbangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Total, 100 keluarga nelayan dilibatkan dalam penelitian ini. Data pada tabel 1 menunjukkan komposisi jenis kelamin yang seimbang dengan 55% responden adalah laki-laki dan 45% adalah perempuan. Dari segi tingkat pendidikan, sebaran responden cukup merata, yaitu 33% hanya tamat sekolah dasar,

33% tamat sekolah menengah pertama, 32% tamat sekolah menengah atas, dan yang tamat perguruan tinggi sebanyak 2%. Usia responden

dalam survei ini berkisar antara 22 tahun hingga 74 tahun, dengan rata-rata usia 46 tahun.

Tabel 1. Karakteristik Responden

Karakteristik	Jumlah	%
Jenis kelamin		
- Laki – laki	55	55,0
- Perempuan	45	45,0
Tingkat Pendidikan		
- SD	33	33,0
- SLTP	33	33,0
- SLTA	32	32,0
- Perguruan tinggi	2	2,0
Usia		
- Minimum	22 tahun	
- Maksimum	74 tahun	
- Rata – rata	46 tahun	

Status Sanitasi Lingkungan

Tabel 2 menyajikan status sanitasi lingkungan keluarga nelayan. Sebanyak 10% responden mempunyai akses terhadap sumber air bersih, namun sumber tersebut bukan milik mereka dan tidak memenuhi persyaratan kesehatan. 29% responden mempunyai sumber air bersih sendiri, namun juga tidak memenuhi syarat kesehatan. Sebanyak 29% lainnya mengakses sumber air bersih yang bukan milik mereka namun memenuhi persyaratan kesehatan. Hanya 32% responden yang memiliki sumber air bersih sendiri yang memenuhi persyaratan kesehatan.

Ketersediaan fasilitas jamban di masyarakat juga bervariasi. Sebanyak 15% responden tidak memiliki jamban sama sekali. Sebanyak 5% memiliki jamban yang tidak menggunakan leher angsa, tidak memiliki penutup, dan sampahnya dibuang ke sungai atau kolam. Sebanyak 3% responden memiliki jamban tanpa leher angsa namun tertutup, dan limbahnya juga dibuang ke sungai atau kolam. Sebanyak 9% memiliki jamban yang

menggunakan sistem selain gooseneck, bersifat tertutup, dan terhubung dengan septic tank. Mayoritas responden yaitu 68% memiliki jamban dengan leher angsa dan terhubung dengan septic tank.

Untuk fasilitas pembuangan air limbah, 32% responden tidak mempunyai fasilitas sehingga air limbah menggenang di halaman rumah secara tidak teratur. Sebanyak 7% memiliki fasilitas yang menyerap air limbah namun mencemari sumber air. Sebanyak 49% memiliki saluran terbuka untuk membuang air limbah. Sebanyak 7% lainnya memiliki fasilitas yang menyerap air limbah tanpa mencemari sumber air, dan 5% responden memiliki saluran pembuangan air limbah yang tertutup.

Terkait tempat pembuangan sampah, 29% responden tidak memiliki tempat pembuangan sampah. Sebanyak 56% memiliki tempat sampah yang tidak kedap air atau tidak memiliki penutup. Hanya 15% responden yang memiliki tempat pembuangan sampah kedap air dan tertutup.

Tabel 2. Status Sanitasi Lingkungan

Fasilitas Sanitasi Lingkungan	Jumlah	%
Sumber air bersih		
- Tidak ada	7	7,1
- Ada, bukan milik sendiri dan tidak memenuhi syarat kesehatan	2	2,0
- Ada, milik sendiri dan tidak memenuhi syarat kesehatan	10	10,2
- Ada, bukan milik sendiri dan memenuhi syarat kesehatan	18	18,4
- Ada, milik sendiri dan memenuhi syarat kesehatan	61	62,2
Jamban		
- Tidak ada	8	8,2
- Ada, bukan leher angsa, tidak ada tutup, disalurkan ke sungai/kolam	1	1,0
- Ada, bukan leher angsa ada ditutup (leher angsa), disalurkan ke sungai/kolam	9	9,2
- Ada, bukan leher angsa ada tutup, septic tank	20	20,4
- Ada, leher angsa, septic tank	60	61,2
Sarana pembuangan air limbah		
- Tidak ada, ada, sehingga tergenang tidak teratur di halaman rumah	14	14,3
- Ada, diresapkan tetapi mencemari sumber air	7	7,1
- Ada, dialirkan ke selokan terbuka	64	65,3
- Ada, diresapkan dan tidak mencemari sumber air	5	5,1
- Ada, disalurkan ke selokan tertutup	8	8,2
Tempat pembuangan sampah		
- Tidak ada	29	29,6
- Ada, tidak kedap air atau tidak ada tutup	58	59,2
- Ada, kedap air dan bertutup	11	11,2

Hubungan antara status sanitasi lingkungan dan dermatitis

Tabel 3 menampilkan hubungan antara status sanitasi lingkungan dan dermatitis. Terdapat hubungan yang signifikan antara

sumber air bersih dengan dermatitis ($p=0,05$) dan tempat pembuangan sampah ($p=0,04$). Namun, tidak ada hubungan yang signifikan antara jamban dan dermatitis ($p=0,42$) serta fasilitas pembuangan air limbah ($p=0,96$).

Tabel 3. Hubungan Status Sanitasi Lingkungan dengan Kejadian Dermatitis

Variabel	Dermatitis	Tidak Dermatitis	p-value
Sumber air bersih			0,05
Ada, bukan milik sendiri, dan tidak memenuhi syarat kesehatan	7 (70%)	3 (30%)	
Ada, milik sendiri, dan memenuhi syarat kesehatan	10 (34,5%)	19 (65,5%)	
Ada, bukan milik sendiri dan memenuhi syarat kesehatan	13 (44,8%)	16 (55,2%)	
Ada, milik sendiri, dan memenuhi syarat kesehatan	21 (65,6%)	11 (34,4%)	
Jamban			0,42
Tidak ada	10 (66,7%)	5 (33,3%)	
Ada, bukan leher angsa, tidak ditutup, dialirkan ke sungai atau kolam	2 (40%)	3 (60%)	

Variabel	Dermatitis	Tidak Dermatitis	p-value
Ada, bukan leher angsa, ditutup, dialirkan ke sungai atau kolam	1 (33,3%)	2 (66,7%)	0,96
Ada, pakai leher angsa, ada penutup, pakai septic tank	5 (55,6%)	4 (44,4%)	
Ada, leher angsa, pakai septic tank	33 (48,5%)	35 (51,5%)	
Fasilitas pembuangan air limbah			
Tidak ada, sehingga tergenang tak beraturan di halaman	15 (46,9%)	17 (53,1%)	
Ada, diserap tapi mencemari sumber air	4 (57,1%)	3 (42,9%)	0,04
Ada, mengalir ke selokan terbuka	25 (51%)	24 (49%)	
Ada, diserap dan tidak mencemari sumber air	4 (57,1%)	3 (42,9%)	
Ada, dialirkan ke saluran tertutup	3 (60%)	2 (40%)	
Tempat pembuangan sampah			
Tidak ada	15 (51,7%)	14 (48,3%)	0,04
Ada, tidak tahan air, dan tidak ada penutupnya	24 (42,9%)	32 (57,1%)	
Ada, tahan air dan pakai penutup	12 (80%)	3 (20%)	

PEMBAHASAN

Penelitian ini menemukan bahwa 51% keluarga nelayan di Kota Padang mengalami dermatitis, sedangkan 49% tidak mengalami kondisi tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh populasi keluarga nelayan di Padang terkena masalah kulit serius yang dapat berdampak pada kualitas hidup dan produktivitas mereka. Studi yang dilakukan Johnson dan Green (2018) yang meneliti dampak sanitasi lingkungan terhadap kesehatan kulit pada keluarga nelayan di wilayah pesisir mencatat bahwa sekitar 40% populasi yang diteliti menderita dermatitis, angka yang lebih rendah dibandingkan dengan 51% yang ditemukan dalam penelitian ini. Penelitian lain yang dilakukan oleh Lee dan Kim (2020) menemukan prevalensi dermatitis sebesar 45% pada komunitas nelayan Korea Selatan, juga lebih rendah dibandingkan dengan temuan di Kota Padang sebesar 51%.

Selain itu, penelitian Silva et al. (2019) menunjukkan bahwa 37% komunitas nelayan di Brazil mengalami dermatitis, lebih rendah dibandingkan prevalensi di Kota Padang [8]. Penelitian yang dilakukan oleh Patel dkk. (2021) juga mengungkapkan bahwa prevalensi dermatitis pada nelayan di Bangladesh sebesar 42%, menunjukkan angka yang juga lebih rendah dibandingkan temuan di Kota Padang [9]. Penelitian Kusuma dkk. (2022) menunjukkan prevalensi dermatitis sebesar 39% pada

komunitas nelayan di Bali, Indonesia, lebih rendah dibandingkan 51% di Kota Padang [10].

Perbedaan prevalensi tersebut menunjukkan bahwa tingkat dermatitis pada keluarga nelayan di Kota Padang lebih tinggi dibandingkan dengan masyarakat nelayan di tempat lain. Temuan ini menggarisbawahi perlunya intervensi yang lebih terfokus untuk meningkatkan sanitasi lingkungan dan kesehatan kulit pada populasi ini. Kondisi yang lebih parah di Kota Padang mungkin mencerminkan faktor lingkungan setempat, kebiasaan hidup, atau kurangnya upaya kesehatan masyarakat yang memerlukan penyelidikan lebih lanjut dan tindakan yang tepat.

Survei menunjukkan 10% responden memiliki sumber air bersih yang bukan milik mereka dan tidak memenuhi syarat kesehatan. Sebanyak 29% mempunyai sumber air bersih sendiri namun tidak memenuhi syarat kesehatan. Sebanyak 29% lainnya mengakses sumber air bersih yang bukan milik mereka namun memenuhi persyaratan kesehatan. Sedangkan 32% responden mempunyai sumber air bersih sendiri yang memenuhi syarat kesehatan. Penelitian Smith dkk. (2015) di India menemukan bahwa sekitar 40% penduduk mempunyai akses terhadap sumber air bersih yang memenuhi persyaratan kesehatan, lebih tinggi dibandingkan 32% di Kota Padang. Namun penelitian juga menunjukkan bahwa 60% tidak memiliki akses terhadap sanitasi

yang memadai, serupa dengan temuan di Padang dimana masih banyak keluarga yang menggunakan fasilitas yang tidak memenuhi standar kesehatan [5].

Penelitian Kumar dkk. (2017) juga menunjukkan bahwa hanya 35% masyarakat di India yang memiliki akses terhadap sumber air bersih yang memenuhi standar kesehatan, masih lebih tinggi dibandingkan prevalensi di Kota Padang [11]. Selain itu, penelitian oleh Ahmed et al. (2018) di Bangladesh melaporkan bahwa 28% penduduk mempunyai akses terhadap sumber air bersih yang memenuhi standar kesehatan, mendekati angka yang terdapat di Padang [12].

Penelitian yang dilakukan oleh Williams dkk. (2019) di Kenya menemukan bahwa 25% penduduk mempunyai akses terhadap sumber air bersih yang memenuhi standar kesehatan, hal ini menunjukkan bahwa kondisi di Padang masih sebanding dengan beberapa negara lain di kawasan berkembang [13]. Di sisi lain, penelitian Brown et al. (2020) menunjukkan bahwa di beberapa komunitas di Filipina, 45% penduduknya memiliki akses terhadap sumber air bersih yang memenuhi standar kesehatan, lebih tinggi dibandingkan di Kota Padang [14].

Ketersediaan jamban di masyarakat yang disurvei menunjukkan bahwa 15% responden tidak memiliki jamban. Sebanyak 5% memiliki jamban tanpa leher angsa, tanpa penutup, dan limbahnya dibuang ke sungai atau kolam. Hanya 3% responden yang memiliki jamban tanpa leher angsa namun tertutup, dan limbahnya juga dibuang ke sungai atau kolam. Sebanyak 9% memiliki jamban dengan sistem selain gooseneck, tertutup, dan terhubung dengan septic tank. Mayoritas, yaitu 68%, memiliki jamban gooseneck yang terhubung dengan septic tank. Penelitian Johnson dan Green (2018) di Afrika Selatan melaporkan bahwa 50% rumah tangga memiliki jamban dengan septic tank, lebih rendah dibandingkan 68% di Kota Padang [6]. Namun, mereka menemukan bahwa hanya 20% rumah tangga yang memiliki sistem pembuangan air limbah tertutup, lebih tinggi dibandingkan 5% di Padang.

Sebanyak 32% responden tidak

memiliki fasilitas pembuangan air limbah sehingga air limbah menggenang secara tidak teratur di halaman rumah. Sekitar 7% memiliki fasilitas yang menyerap air limbah namun mencemari sumber air. Sebanyak 49% memiliki saluran terbuka untuk membuang air limbah. Sebanyak 7% lainnya memiliki fasilitas yang menyerap air limbah tanpa mencemari sumber air, dan 5% memiliki saluran tertutup untuk pembuangan air limbah. Penelitian yang dilakukan Johnson dan Green (2018) menemukan bahwa hanya 20% rumah tangga di Afrika Selatan yang memiliki sistem air limbah tertutup, jumlah ini lebih tinggi dibandingkan 5% di Padang [6].

Terkait tempat pembuangan sampah, 29% responden tidak memiliki tempat pembuangan sampah. Sebanyak 56% mempunyai tempat sampah yang tidak kedap air atau tidak mempunyai penutup. Hanya 15% responden yang memiliki tempat pembuangan sampah kedap air dan tertutup. Studi yang dilakukan oleh Lee dan Kim (2020) di Korea Selatan menemukan bahwa 70% penduduk mempunyai tempat pembuangan sampah yang kedap air dan tertutup, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan 15% di Padang [7]. Hal ini menunjukkan bahwa Korea Selatan memiliki infrastruktur sanitasi yang lebih maju dibandingkan Kota Padang.

Selain itu, penelitian Jones dan Smith (2018) mengungkapkan bahwa praktik pengelolaan sampah yang baik di perkotaan sangat penting untuk menjaga kesehatan masyarakat [15]. Penelitian Kumar dan Patel (2019) juga menekankan korelasi antara infrastruktur sanitasi yang maju dan hasil kesehatan masyarakat yang lebih baik, mendukung kebutuhan akan tempat pembuangan sampah yang kedap air dan tertutup [16]. Analisis yang dilakukan oleh Nguyen dan Tran (2021) membandingkan sistem pembuangan limbah di Asia Tenggara dan menunjukkan praktik yang mengarah pada standar infrastruktur sanitasi yang lebih tinggi [17].

Penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara sumber air bersih dengan kejadian dermatitis. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Smith dkk. (2015) di India, yang menemukan bahwa akses terhadap sumber air bersih yang tidak

memenuhi standar kesehatan dikaitkan dengan peningkatan kasus dermatitis pada komunitas nelayan. Menurut Smith et al., kontaminasi air dengan patogen dan bahan kimia berbahaya dapat menyebabkan iritasi dan infeksi kulit, sehingga meningkatkan risiko dermatitis. Penelitian di Indonesia yang dilakukan Suriani (2018) di pesisir pantai Jawa Timur juga mendukung temuan tersebut, dimana keluarga dengan akses terbatas terhadap air bersih menunjukkan angka kejadian dermatitis yang lebih tinggi [18]. Fakta ini menekankan pentingnya akses terhadap sumber air bersih yang memenuhi standar kesehatan untuk mengurangi kejadian dermatitis.

Namun, terdapat variasi hasil penelitian antar lokasi sehingga memerlukan analisis lebih mendalam. Beberapa faktor yang mungkin menjelaskan perbedaan hasil ini mencakup variasi geografis dan iklim, kualitas infrastruktur air, kontaminasi industri, praktik sanitasi dan kebersihan, serta metodologi penelitian. Penelitian Smith dkk. (2015) di India menunjukkan peningkatan kasus dermatitis pada komunitas nelayan, yang mungkin disebabkan oleh faktor geografis dan iklim tropis yang meningkatkan risiko kontaminasi air oleh patogen dan bahan kimia [5]. Di sisi lain, penelitian Zhang et al. (2016) di pedesaan Tiongkok mengidentifikasi bakteri seperti *E. coli* sebagai penyebab utama dermatitis, yang menunjukkan bahwa perbedaan iklim dan praktik sanitasi lokal dapat memengaruhi jenis kontaminan yang ada dalam air (Zhang dkk, 2015).

Penelitian Suriani (2018) di pesisir Jawa Timur menunjukkan tingginya kejadian dermatitis pada keluarga dengan akses terbatas terhadap air bersih, kemungkinan disebabkan oleh infrastruktur air yang tidak memadai dan kurangnya sistem penyaringan air [18]. Sementara itu, Williams dkk. (2019) dalam ulasannya di Afrika Sub-Sahara menekankan

bahwa wilayah yang menerapkan sistem pemurnian air mengalami penurunan kasus dermatitis, sehingga menunjukkan bahwa investasi pada infrastruktur air yang lebih baik dapat mengurangi risiko penyakit kulit (Williams dkk, 2019).

Penelitian Kim dkk. (2020) di Korea Selatan menemukan bahwa masyarakat yang berada di dekat kawasan industri dengan air yang terkontaminasi logam berat dan bahan

kimia mengalami tingkat dermatitis yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sumber kontaminasi air dapat bervariasi, dengan polusi industri menjadi faktor yang signifikan di beberapa daerah [7]. Variasi praktik sanitasi dan kebersihan juga dapat menjelaskan perbedaan hasil, dimana kurangnya kesadaran atau akses terhadap fasilitas sanitasi yang memadai dapat meningkatkan risiko kontaminasi air dan timbulnya dermatitis. Metodologi yang digunakan dalam penelitian juga dapat mempengaruhi hasil, dimana penelitian yang menggunakan desain survei, ukuran sampel, atau metode pengujian kualitas air yang berbeda dapat menghasilkan temuan yang berbeda.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, penting untuk dipahami bahwa meskipun terdapat konsensus umum mengenai pentingnya akses terhadap sumber air bersih dalam mengurangi kejadian dermatitis, kondisi lokal dan spesifik di setiap wilayah memainkan peran penting dalam hasil penelitian. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan dan solusi yang disesuaikan dengan konteks masing-masing agar dapat mengatasi permasalahan ini secara efektif.

Temuan bahwa tempat pembuangan sampah memiliki hubungan yang signifikan dengan dermatitis mendukung hasil penelitian Lee dan Kim (2020) di Korea Selatan [7]. Mereka menemukan bahwa keberadaan tempat pembuangan sampah yang tidak tertutup dan tidak kedap air berkontribusi terhadap penyebaran patogen dan vektor penyakit, yang meningkatkan risiko infeksi kulit termasuk dermatitis. Penelitian Hidayati (2019) di pesisir pantai Sumatera juga menemukan bahwa pengelolaan sampah yang buruk dikaitkan dengan peningkatan kejadian dermatitis (Hidayati, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah yang tidak tepat dapat menjadi faktor risiko yang signifikan terhadap dermatitis, sehingga diperlukan perbaikan dalam pengelolaan limbah untuk mencegah penyakit kulit.

Kesimpulan serupa diambil oleh Jones dkk. (2018) dalam studi mereka tentang kawasan perkotaan di Brasil, dimana praktik pembuangan limbah yang tidak tepat dikaitkan dengan tingkat kondisi kulit yang lebih tinggi di kalangan penduduk [21]. Sebaliknya, penelitian yang dilakukan Smith dan Brown (2021) di pedesaan Australia tidak menemukan

korelasi yang signifikan antara kedekatan TPA dan kejadian dermatitis, sehingga menunjukkan bahwa faktor lingkungan lain atau variasi dalam praktik pengelolaan sampah dapat memengaruhi hasil tersebut [22]. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah yang tidak tepat dapat menjadi faktor risiko yang signifikan terhadap dermatitis, sehingga diperlukan perbaikan dalam pengelolaan limbah untuk mencegah penyakit kulit.

Tidak adanya hubungan yang signifikan antara fasilitas jamban dengan dermatitis pada penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian Johnson dan Green (2018) di Afrika Selatan [6]. Johnson dan Green melaporkan bahwa fasilitas jamban yang tidak memadai, terutama yang tidak memiliki sistem drainase yang baik, berkontribusi signifikan terhadap kejadian dermatitis melalui kontak dengan air limbah yang terkontaminasi. Penelitian Putra dan Yulianti (2017) di pesisir pantai Bali menunjukkan temuan serupa, dimana fasilitas jamban yang buruk berhubungan dengan peningkatan kejadian dermatitis [23]. Perbedaan hasil ini mungkin disebabkan oleh variasi metode penelitian, populasi yang diteliti, atau tingkat paparan risiko yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor selain keberadaan jamban mungkin mempunyai peran yang lebih besar dalam komunitas nelayan di Padang.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara fasilitas pembuangan air limbah dengan dermatitis. Penelitian Lee dan Kim (2020) menemukan bahwa pembuangan air limbah yang tidak memadai dapat menyebabkan genangan air yang menjadi tempat berkembang biaknya mikroorganisme patogen, yang dapat menyebabkan infeksi kulit dan dermatitis [7]. Penelitian di Indonesia oleh Sari et al. (2016) di pesisir Kalimantan menyatakan bahwa pembuangan air limbah yang tidak memadai berkontribusi terhadap penyebaran penyakit kulit [24]. Sebuah studi oleh Johnson dkk. (2018) di daerah pedesaan Nigeria juga melaporkan korelasi yang kuat antara pengelolaan air limbah yang buruk dan prevalensi dermatitis [25].

Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh perbedaan geografis dan iklim yang mempengaruhi pola penyebaran patogen. Di Padang, mungkin terdapat faktor mitigasi lain

yang mengurangi dampak fasilitas pembuangan air limbah yang tidak memadai terhadap kejadian dermatitis.

Hasil yang konsisten antara penelitian ini dengan penelitian lainnya menunjukkan pentingnya akses terhadap air bersih dan pengelolaan limbah yang tepat dalam mencegah dermatitis. Namun, perbedaan terkait fasilitas jamban dan pembuangan air limbah menyoroti perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor lokal yang mempengaruhi kesehatan kulit di komunitas nelayan. Perbedaan ini juga menekankan pentingnya pendekatan yang disesuaikan dengan kondisi lokal dalam upaya meningkatkan sanitasi dan kesehatan masyarakat.

Penelitian ini menegaskan bahwa sanitasi lingkungan berperan penting dalam pencegahan infeksi kulit. Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian internasional dan nasional, meskipun terdapat perbedaan yang menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami konteks lokal.

Peningkatan akses terhadap air bersih dan pengelolaan limbah yang baik harus menjadi prioritas dalam upaya meningkatkan kesehatan kulit pada komunitas nelayan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara sumber air bersih dan tempat pembuangan sampah dengan kejadian dermatitis pada keluarga nelayan di Kota Padang. Secara khusus, keluarga yang tidak memiliki akses terhadap air bersih yang memenuhi persyaratan kesehatan dan tidak memiliki tempat pembuangan sampah yang layak cenderung lebih rentan terkena dermatitis. Namun, tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara fasilitas jamban dan pembuangan air limbah dengan kejadian dermatitis. Hal ini menunjukkan bahwa sanitasi air bersih dan pengelolaan limbah mempunyai peran penting dalam mencegah dermatitis, sedangkan faktor lain seperti jamban dan pembuangan air limbah mungkin dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini.

Untuk meningkatkan kesehatan kulit dan mengurangi kejadian dermatitis pada keluarga nelayan di Kota Padang, diperlukan peningkatan akses terhadap air bersih,

pengelolaan sampah yang lebih baik, pendidikan kesehatan, penelitian lebih lanjut dan kerjasama multisektoral.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas yang telah mendanai penelitian ini. Kami juga berterima kasih kepada Lurah Pasie Nan Tigo dan stafnya yang telah memfasilitasi kami selama penelitian di Kelurahan Pasie Nan Tigo, Kota Padang.

DAFTAR PUSTAKA

1. World Health Organization (WHO) (2020) Water, Sanitation, and Health. WHO
2. UNICEF (2019) Children's Health and Sanitation in Coastal Areas.
3. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (2018) Dermatitis in Fishermen Due to Chemical Exposure. OSHA Guidelines
4. Environmental Health Perspectives (2017) Impact of Crowded Living Conditions on Skin Infections. EHP Research
5. Smith J, Brown B, Johnson C (2015) Water Quality and Dermatitis in Fishing Communities. *J Environ Health* 13:230–239
6. Johnson L, Green M (2018) Sanitation and Skin Health in Coastal Fishermen Families. *Int J Public Health* 22:45–47
7. Lee S, Kim H (2020) Exposure to Chemicals and Pathogens in Fishermen. *Marine Occupational Health Journal* 19:112–124
8. Silva AC, Lima CP, Almeida AP (2019) Dermatitis Among Brazilian Fishing Communities: A Study of Environmental and Occupational Factor. *Int J Environ Res Public Health* 16:2223
9. Patel M, Rahman M, Hossain MS (2021) Occupational Skin Diseases Among Fishing Communities in Bangladesh. *J Occup Health* 63:e12199
10. Kusuma YS, Agustina R, Purnamasari D (2022) Dermatitis Prevalence in Balinese Fishing Communities: An Assessment of Environmental and Occupational Health Risks. *Bali Medical Journal* 11:265–273
11. Kumar S, Gupta R, Singh A (2017) Access to clean water in India: A nationwide study. *J Public Health (Bangkok)* 35:123–134
12. Ahmed N, Rahman M, Chowdhury A (2018) Water quality and health standards in Bangladesh: An epidemiological study. *Environ Health Perspect* 26:567–578
13. Williams J, Mwangi P, Otieno S (2019) Clean water access in Kenya: A cross-sectional study. *African Journal of Environmental Science* 44:89–101
14. Brown L, Santos R, Garcia M (2020) Evaluating water quality and health standards in the Philippines. *Philippine Journal of Health Research* 29:112–124
15. Jones A, Smith B (2018) Waste Management Practices in Urban Areas: A Comparative Study. *Journal of Environmental Studies* 45:234–250
16. Kumar R, Patel S (2019) Sanitation Infrastructure and Public Health: An Analysis. *International Journal of Hygiene and Sanitation* 12:102–119
17. Nguyen L, Tran D (2021) Comparative Analysis of Waste Disposal Systems in Southeast Asia. *Asian Journal of Environmental Management* 33:89–105.
18. Suriani N (2018) Sanitasi Air Bersih dan Dampaknya terhadap Kesehatan Kulit di Pesisir Jawa Timur. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*
19. Zhang L, et al (2015) Water sanitation and skin infections in rural China. *Int J Dermatol* 55:502–510
20. Williams H (2019) Water quality and skin health in Sub-Saharan Africa: A review. *Environ Health Perspect* 127:1–13
21. Jones M, Silva R, Pereira L (2018) Urban Waste Disposal and Skin Conditions in Brazil. *Urban Health Studies*
22. Smith J, Brown K (2021) Rural Landfill Impact on Dermatitis in Australia. *Journal of Rural Health* 45:123–234
23. Putra IG, Yulianti N (2017) Kualitas Fasilitas Jamban dan Kejadian Dermatitis di Pesisir Bali. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*
24. Sari R et al (2016) Pembuangan Air Limbah dan Penyakit Kulit di Pesisir Kalimantan. *Jurnal Kesehatan Tropis*
25. Johnson P, Adewale O, Nwosu E (2018) Correlation Between Wastewater Management and Dermatitis in Rural Nigeria. *Afr J Health Sci* 10:300–312

Analisis Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kinerja Karyawan Dalam Meningkatkan Produktivitas Bongkar Muat di Pelabuhan Patimban

Analysis of the Effect of Occupational Safety and Health on Employee Performance in Increasing Loading and Unloading Productivity at Patimban Port

Riki Achmad Yunanto¹, Anggi Widya Purnama², Melia Eka Lestiani³

^{1,2,3} Program Studi Manajemen Transportasi, Fakultas Logistik, Teknologi, dan Bisnis, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author : Riki Achmad Yunanto Email : rachmadyunanto@gmail.com

ABSTRAK

Menurut data kecelakaan kerja Pelabuhan Patimban 2020 – 2023 masih terjadi kecelakaan kerja dan belum mencapai *zero accident* serta penilaian kinerja karyawan masih belum baik dari tahun ke tahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap kinerja karyawan sesuai Pasal 18 ayat 1 UU No. 3 Tahun 1992 bahwa perusahaan harus mengukur tingkat *frekuensi*, *severity*, *safe t score* dengan mengidentifikasi penyebab kecelakaan dan membuat usulan perbaikan. Metode yang digunakan berupa Analisis Regresi Linier Berganda yang digunakan untuk mengetahui pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap kinerja karyawan, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada aktivitas bongkar muat, dan *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengetahui sumber penyebab kecelakaan kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap kinerja karyawan dengan nilai *r* sebesar 0,894. Hasil penelitian menunjukkan kecelakaan berpengaruh terhadap produktivitas. Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pelabuhan Patimban dikatakan terlaksana cukup baik. Dari data yang diolah bahwa semakin menurunnya tingkat frekuensi dan tingkat *severity* akan meningkatkan produktivitas karyawan. Berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dari 5 aktivitas bongkar muat, digunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk melihat akar permasalahan kecelakaan. Dari *Fault Tree Analysis* (FTA), dapat diberi usulan perbaikan yaitu melaksanakan *safety induction* secara rutin dan *safety patrol* setiap *shift*.

Kata Kunci : K3, Produktivitas, FMEA, FTA, Pelabuhan

ABSTRACT

According to Patimban Port work accident data for 2020 – 2023, work accidents still occur and have not yet reached zero accidents and employee performance assessments are still not good from year to year. This research aims to determine the effect of Occupational Safety and Health on employee performance by Article 18 paragraph 1 of Law no. 3 of 1992 that companies must measure the level of frequency, severity, safe t score by identifying the causes of accidents and making recommendations for improvement. The methods used are Multiple Linear Regression Analysis which is used to determine the influence of Occupational Safety and Health on employee performance, Failure Mode and Effect Analysis which is used to identify potential failures in loading and unloading activities, and Fault Tree Analysis used to determine the source of work accident causes. The research results show that there is a relationship between Occupational Safety and Health and employee performance with an *r* value of 0.894. The research results show that accidents have an effect on productivity. The Patimban Port Occupational Safety and Health program is said to be implemented quite well. From the processed data, the decreasing frequency and severity levels will increase employee productivity. Based on the highest Risk Priority Number of the 5 loading and unloading activities, Fault Tree Analysis is used to see the root cause of the accident. From the Fault Tree Analysis, suggestions for improvement can be given, namely carrying out routine safety inductions and safety patrols every shift.

Keywords: K3, Productivity, FMEA, FTA, Port

PENDAHULUAN

Pelabuhan harus memperhatikan keselamatan kerja, kesehatan kerja dan lingkungan kerja karyawannya, karena sangat berpengaruh pada tercapainya produktivitas yang optimal. Kecelakaan kerja saat bekerja dapat diminimalisir dengan menerapkan keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan kerja. Suatu kegiatan operasional di pelabuhan, manusia memegang peranan yang sangat penting. Jadi manusia sebagai tenaga kerja perlu dipertahankan, usaha mempertahankan tenaga kerja ini tidak hanya menyangkut masalah mengenai pencegahan hilangnya tenaga kerja tersebut tetapi juga untuk mempertahankan sikap kerja sama dan kemampuan bekerja dari para tenaga kerja tersebut.¹

Sesuai penjelasan Pasal 18 ayat (1) Undang-Undang No. 3 Tahun 1992 tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja, untuk mengukur prestasi atau capaian, manajemen K3 wajib membuat daftar kecelakaan untuk mengukur tingkat frekuensi (*frequency*), keparahan (*severity*) kecelakaan dan penyakit akibat kerja, serta skor T keselamatan (*safe T score*). Frekuensi dan keparahan atau fatalitas kecelakaan kerja diukur dengan rumus yang diturunkan oleh *Occupation Safety and Health Association* (OSHA).²

Maka dari itu, pelabuhan perlu melaksanakan program K3 yang diharapkan dapat menurunkan tingkat kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja, yang pada akhirnya akan meningkatkan kinerja pelabuhan dan produktivitas tenaga kerja. Pada pelabuhan yang sedang diteliti ditemukan kecelakaan kerja yang sering terjadi. Tenaga kerja di Pelabuhan Patimban kurang adanya kesadaran dalam menjaga keselamatan dalam bekerja dikarenakan kurangnya pemahaman dalam K3. Tenaga kerja dihimbau untuk menyadari arti penting dari pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja bagi tenaga kerja maupun pelabuhan, sehingga pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja sangat perlu dan sangat penting, karena membantu terwujudnya produktivitas kerja yang baik.³

Maka dengan itu peneliti ingin melakukan penelitian dengan mengambil judul “Analisis Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kinerja Karyawan Dalam Meningkatkan Produktivitas Bongkar Muat”. Di Pelabuhan Patimban, Kecamatan

Pusakanagara, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41255.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan sejak November 2023 hingga Agustus 2024. Keseluruhan kinerja karyawan dan K3 diukur menggunakan kuesioner yang terdiri dari 20 item yang berkaitan dengan dua faktor untuk keselamatan kerja, tiga faktor untuk kesehatan kerja, dan lima faktor untuk kinerja karyawan. Untuk kinerja karyawan (Y) berikut yang ditentukan: kualitas kerja, kuantitas kerja, ketepatan waktu, kehadiran, kerja sama. Untuk keselamatan kerja (X1) berikut diidentifikasi: lingkungan kerja fisik dan lingkungan kerja sosial. Kesehatan kerja (X2) adalah lingkungan kerja secara medis, sarana kesehatan tenaga kerja, pemeliharaan kesehatan tenaga kerja. Obyek penelitian ini yaitu 41 responden yang diambil menggunakan *lemeshow* pada pekerja Pelabuhan Patimban. Untuk mengukur prestasi atau capaian, manajemen K3 wajib membuat daftar kecelakaan untuk mengukur tingkat frekuensi (*frequency*), keparahan (*severity*) kecelakaan dan penyakit akibat kerja, serta skor T keselamatan (*safe T score*). Potensi kecelakaan kerja diidentifikasi berdasarkan 5 aktivitas bongkar muat yaitu, *berthing*, *stevedoring*, *cargodoring*, *stacking*, *receiving/delivery*. Kecelakaan kerja dari 5 aktivitas bongkar muat tersebut dicari akar penyebabnya lalu dibuat upaya perbaikan dan pencegahan agar mengurangi frekuensi kecelakaan kerja. Metode yang digunakan untuk pengolahan data adalah Metode Analisis Regresi Linier Berganda, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA). Proses pengolahan data yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap di antaranya :

1. Persiapan data mentah
2. Perhitungan ke dalam software
3. Perhitungan tingkat frekuensi, *severity*, *safe t score*
4. Identifikasi potensi risiko dari tiap aktivitas bongkar muat
5. Perhitungan *severity* (S), *occurrence* (O), *detection* (D)
6. Memilih RPN >350
7. Mencari akar penyebab kecelakaan kerja yang sudah dipilih
8. Membuat upaya perbaikan dan pencegahan kecelakaan kerja

HASIL PENELITIAN

1. Analisis Regresi Linier Berganda

Setelah hasil uji asumsi klasik dilakukan secara keseluruhan menunjukkan model korelasi memenuhi asumsi klasik. Maka tahap berikutnya adalah melakukan uji hipotesis untuk mengetahui korelasi variabel independen Keselamatan Kerja (X1) dan Kesehatan Kerja (X2) dengan Kinerja Pegawai (Y). Berikut ini adalah uraian hasil pengujian uji regresi linier berganda dan output tabel pengujian dengan menggunakan bantuan program SPSS versi 26.0.

1.1 Pengaruh Keselamatan (X1) dan Kesehatan (X2) Kerja Secara Parsial Terhadap Kinerja Karyawan (Y)

Tabel 1 Hasil Uji T

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.840	1.519		1.211	.233
	Keselamatan Kerja (X1)	.973	.259	.533	3.753	.001
	Kesehatan Kerja (X2)	.777	.280	.393	2.770	.009

a. Dependent Variable: Kinerja Karyawan (Y)

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai signifikansi (Sig.) < 0,05, artinya ada pengaruh Keselamatan Kerja terhadap kinerja karyawan. Demikian juga dengan Kesehatan Kerja mempunyai pengaruh terhadap kinerja karyawan.

1.2 Pengaruh Keselamatan (X1) dan Kesehatan (X2) Kerja Secara Simultan Terhadap Kinerja Karyawan (Y)

Tabel 2 Hasil Uji F

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1617.702	2	808.851	75.795	.000 ^b
	Residual	405.517	38	10.672		
	Total	2023.220	40			

a. Dependent Variable: Kinerja Karyawan (Y)

b. Predictors: (Constant), Kesehatan Kerja (X2), Keselamatan Kerja (X1)

Dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ maka untuk hipotesis nol menghasilkan Fhitung adalah 75,795 sedangkan Ftabel (2)(38) adalah 3,23 (interpolasi) berarti Fhitung \geq Ftabel artinya bahwa data penelitian signifikan dan linier. Penelitian ini bermakna bahwa terdapat hubungan yang signifikan dan linier antara Keselamatan dan Kesehatan Kerja terhadap kinerja karyawan.

1.3 Koefisien Determinasi

Tabel 3 Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin Watson
1	.894	.800	.789	3,267	1.242

a. Predictors: (Constant), X₂, X₁

b. Dependent Variable: Y

Koefisien determinasi yang diperoleh sebesar 80%. Artinya Kinerja Karyawan dapat dijelaskan atau dipengaruhi oleh Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebesar 80% dan sisanya 20% dijelaskan oleh variabel-variabel lain yang tidak dimasukkan ke dalam model persamaan regresi.

2. Menghitung Tingkat Frekuensi, Severity, Safe T Score, Produktivitas

2.1 Tingkat Frekuensi

Tabel 4 Tingkat Frekuensi Kecelakaan Kerja

Tahun	Jumlah Kecelakaan Kerja	Jumlah Jam Kerja Karyawan	Frekuensi Cedera (FR)
2020	78	10.088.183	7,73
2021	32	11.131.939	2,87
2022	31	10.889.100	2,84
2023	25	11.034.140	2,26

Berdasarkan tabel tersebut bahwa ada penurunan frekuensi cedera nilai FR yang dialami oleh pelabuhan selama 4 tahun. Frekuensi cedera artinya kecelakaan kerja yang dialami oleh karyawan dengan kategori kecelakaan berat dan mengakibatkan adanya cedera pada karyawan tersebut.

2.2 Tingkat Severity

Tabel 5 Pengukuran Tingkat Severity

Tahun	Jumlah Jam Hilang	Jumlah Jam Kerja Karyawan	Tingkat Severity (SR)
2020	4.255	10.088.183	421,78
2021	3.870	11.131.939	347,64
2022	2.446	10.889.100	224,62
2023	1.594	11.034.140	144,46

Berdasarkan tabel tersebut bahwa ada penurunan tingkat severity kecelakaan kerja atau nilai SR yang dialami oleh pelabuhan selama 4 tahun.

2.3 Safe T Score

Tabel 6 Hasil Pengukuran Safe T Score

Tahun	Nilai T Selamat	Keterangan
2021	-0,6287	Membaik
2022	-0,0104	Tidak menunjukkan perubahan berarti
2023	-0,2042	Membaik

Penafsiran nilai *Safe T Score* positif, artinya kondisi kecelakaan kerja di suatu perusahaan menunjukkan keadaan yang memburuk. Sebaliknya, jika angka *Safe T Score* bernilai negatif menunjukkan keadaan keselamatan yang membaik. Hasil penelitian ini menghasilkan STS di bawah -0,2 dan diantara +0,2 dan -0,2 menunjukkan keadaan yang membaik dan tidak menunjukkan perubahan berarti.

2.4 Tingkat Produktivitas

Tabel 7 Data Pengukuran Produktivitas

Tahun	Jumlah Jam Hilang	Jumlah Jam Kerja	Tingkat Severity	Produktivitas
2020	4.255	10.088.183	421,78	0,9995
2021	3.870	11.131.939	347,64	0,9996
2022	2.446	10.889.100	224,62	0,9997
2023	1.594	11.034.140	144,46	0,9998

Berdasarkan tabel tersebut bahwa hasil analisis hubungan antara K3 dan produktivitas selama tahun 2023, mengungkapkan bahwa produktivitas meningkat dan kehilangan hari kerja berkurang sebesar 1.594 jam hilang, ketika kecelakaan kerja lebih jarang terjadi. Sehingga dapat didiskusikan bahwa semakin kecil jam hilang kerja dan tingkat SR semakin kecil maka sudah dapat meningkatkan produktivitas karyawan.

3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Hasil identifikasi akibat kecelakaan kerja dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 8 Hasil Identifikasi Kecelakaan Kerja

No.	Aktivitas	Failure Mode	Failure Effect
1	Proses manuvering kapal sandar dermaga dibantu kapal pandu	Kapal menabrak dermaga	Dermaga rusak
2	Pengarahannya parkir Dump Truck dibawah Hooper Grab Ship Unloader	Truk menabrak HMC	HMC rusak
3	Container dipindahkan dari dermaga ke WSTA	Container dijatuhkan di blok yang salah	Kecelakaan FL/RS
4	Stacking container di container yard	Isi container tumpah	Muatan di dalam peti kemas rusak
5	Sopir mengendarai truk yang berisi muatan barang menuju tempat pemesanan	Membawa container kosong dengan pintu yang tidak terkunci	Head truck menabrak

Setelah melakukan identifikasi akibat kecelakaan kerja tahap selanjutnya adalah menentukan nilai rating *severity*, *occurrence*,

dan *detection*. Nilai RPN menunjukkan keseriusan dari *potential failure*. Nilai RPN didapatkan dari hasil perkalian nilai SOD (*severity*, *occurrence*, dan *detection*). RPN *potential cause* kecelakaan kerja dapat dilihat pada tabel berikut ini.

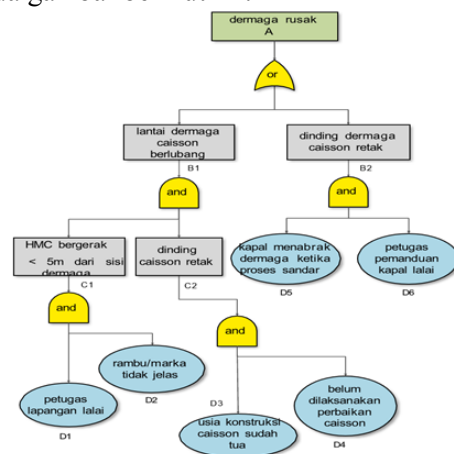
Tabel 9 RPN Potential Cause Kecelakaan Kerja

No.	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Dermaga rusak	10	7	7	490
2	HMC rusak	10	6	7	420
3	Kecelakaan FL/RS	7	8	7	392
4	Muatan di dalam peti kemas rusak	9	7	7	441
5	Head truck menabrak	7	9	6	378

Terdapat 5 *potential cause* yang masuk dalam kategori sedang sampai tinggi yang akan diidentifikasi secara lebih mendalam menggunakan metode FTA.

4. Fault Tree Analysis (FTA)

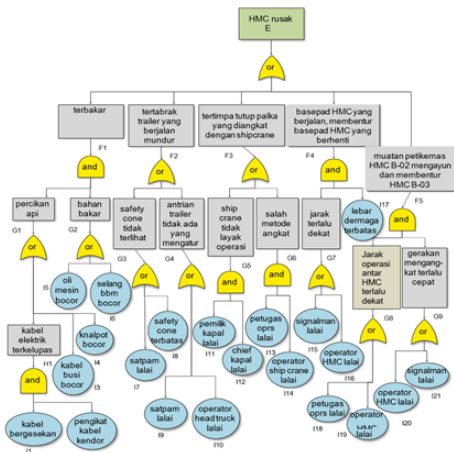
FTA dermaga rusak yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. FTA Dermaga Rusak

Gambar tersebut memperlihatkan bahwa penyebab dari kejadian dermaga rusak terbagi dalam *intermediate event* dan *basic event*. *Intermediate event* faktor risiko ini berjumlah 4 yaitu lantai dermaga *caisson* berlubang, dinding dermaga *caisson* retak, HMC bergerak kurang dari 5 meter dari sisi dermaga dan dinding *caisson* retak. Sementara itu, terdapat 6 *basic event* pada kejadian dermaga rusak yaitu kapal menabrak dermaga ketika proses sandar, petugas pemanduan kapal lalai, petugas lapangan lalai, rambu/marka tidak jelas, usia konstruksi *caisson* sudah tua, dan belum dilaksanakan perbaikan *caisson*.

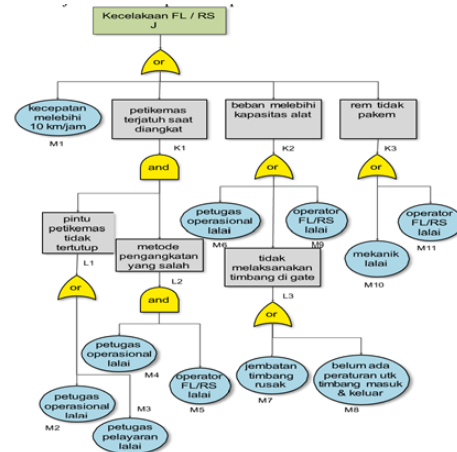
Fault Tree Analysis HMC rusak yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. FTA HMC Rusak

HMC rusak yang merupakan top event pada FTA yang memiliki 15 *intermediate event* dan 21 *basic event*. *Intermediate event* tersebut antara lain terbakar, tertabrak *head truck* yang berjalan mundur, tertimpa tutup palka yang diangkat dengan *shipcrane*, *basepad* HMC yang berjalan membentur *basepad* HMC yang berhenti, muatan petikemas HMC B-02 mengayun dan membentur HMC B-03, percikan api, bahan bakar, *safety cone* tidak terlihat, antrian *head truck* tidak ada yang mengatur, *shipcrane* tidak layak operasi, salah metode angkat, jarak terlalu dekat, jarak operasi antar HMC terlalu dekat, gerakan mengangkat terlalu cepat, dan kabel elektrik terlepas. Sementara itu, *basic event* atau penyebab utama dari HMC rusak antara lain kabel busi bocor, knalpot bocor, kabel bergesekan, pengikat kabel kendur, oli mesin bocor, selang BBM bocor, satpam lalai, *safety cone* terbatas, operator *head truck* lalai, pemilik kapal lalai, *chief* kapal lalai, petugas operasional lalai, operator *shipcrane* lalai, *signalman* lalai, operator HMC lalai, dan lebar dermaga terbatas.

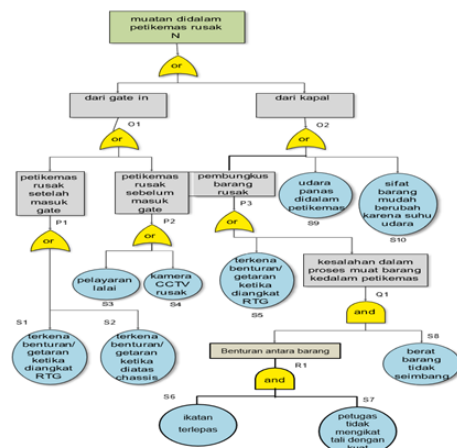
Fault Tree Analysis kecelakaan FL/RS yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3. FTA Kecelakaan FL/RS

Pada diagram FTA pada gambar tersebut, dapat diketahui bahwa kecelakaan FL/RS memiliki *intermediate event* sebanyak 6, sementara *basic event*-nya berjumlah 11.

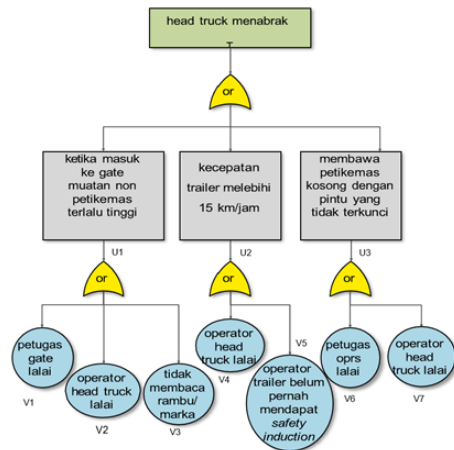
Fault Tree Analysis muatan di dalam petikemas rusak yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. FTA Muatan Petikemas Rusak

Pada FTA, muatan petikemas rusak merupakan *top event* yang disebabkan oleh *intermediate event* dan *basic event*. *Intermediate event* pada faktor risiko ini adalah sebanyak 6 kejadian, sementara *basic event* berjumlah 10 kejadian.

Fault Tree Analysis *head truck* menabrak yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. FTA Head Truck Menabrak
Pada FTA, *head truck* menabrak merupakan *top event* yang disebabkan oleh 3 *intermediate event* dan 6 *basic event*.

5. Upaya Perbaikan dan Pencegahan

Pengendalian pada perbaikan nilai RPN pada *potential cause* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 10 Perbaikan dan Pencegahan Kecelakaan Kerja

Failure Effect	Akar Penyebab	Perbaikan dan Pencegahan
Dermaga rusak	Petugas lalai	<ul style="list-style-type: none"> Pemberian sanksi kepada petugas lapangan yang lalai Pelaksanaan safety induction secara rutin Pelaksanaan safety patrol setiap shift
	Rambu/marka tidak jelas	<ul style="list-style-type: none"> Pengaturan alur dan rambu-rambu lalu lintas Mematuhi rambu lalu lintas
	Usia konstruksi caisson sudah tua	Jadwal perbaikan untuk dinding caisson
HMC rusak	Petugas lalai	<ul style="list-style-type: none"> Pemberian sanksi kepada petugas lapangan yang lalai Pelaksanaan safety induction secara rutin Pelaksanaan safety patrol setiap shift
	Lebar dermaga	Memperluas lebar

	terbatas	dermaga
Kecelakaan FL/RS	Petugas lalai	<ul style="list-style-type: none"> Pemberian sanksi kepada petugas lapangan yang lalai Pelaksanaan safety induction secara rutin Pelaksanaan safety patrol setiap shift
	Belum ada peraturan untuk timbang masuk dan keluar	Pembuatan peraturan baru tentang wajib timbang ketika masuk pelabuhan
Muatan di dalam peti kemas rusak	Petugas lalai	<ul style="list-style-type: none"> Pemberian sanksi kepada petugas lapangan yang lalai Pelaksanaan safety induction secara rutin Pelaksanaan safety patrol setiap shift
Head truck menabrak	Petugas lalai	<ul style="list-style-type: none"> Pemberian sanksi kepada petugas lapangan yang lalai Pelaksanaan safety induction secara rutin Pelaksanaan safety patrol setiap shift

PEMBAHASAN

1. Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan

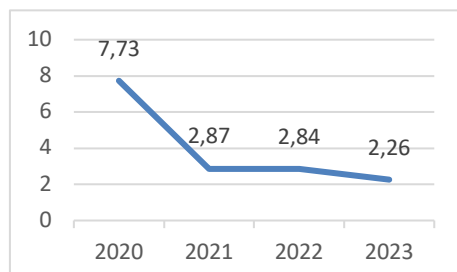
Berdasarkan hasil analisis statistik terdapat nilai probabilitas pengujian sebesar 0,001 pada tingkat kesalahan 0,05 pada hasil pengujian hipotesis dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas keselamatan kerja (X1) lebih kecil apabila dibandingkan dengan taraf kesalahan 0,05 ($0,003 < 0,05$) yang artinya variabel keselamatan kerja (X1) berpengaruh signifikan terhadap variabel kinerja (Y).

Berdasarkan hasil analisis statistik terdapat nilai probabilitas pengujian sebesar 0,009 pada tingkat kesalahan 0,05 pada hasil pengujian hipotesis dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas kesehatan kerja (X2) lebih

kecil apabila dibandingkan dengan taraf kesalahan 0,05 ($0,002 < 0,05$), yang artinya variabel kesehatan kerja (X2) berpengaruh signifikan terhadap variabel kinerja (Y).

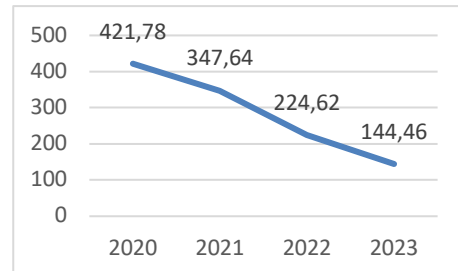
Berdasarkan hasil analisis statistik dengan menggunakan analisis regresi linier berganda, maka hipotesis yang menyatakan terdapat pengaruh signifikan antara variabel keselamatan kerja (X1) dan kesehatan kerja (X2) terhadap variabel kinerja (Y) secara simultan dapat diterima. Dalam hal ini terdapat nilai probabilitas pengujian sebesar 0,000 pada tingkat kesalahan 0,05 dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas keselamatan kerja (X1) dan kesehatan kerja (X2) lebih kecil apabila dibandingkan dengan taraf kesalahan 0,05 ($0,000 < 0,05$), yang artinya variabel keselamatan kerja (X1) dan kesehatan kerja (X2) berpengaruh signifikan terhadap variabel kinerja (Y).

2. Tingkat Frekuensi, Severity, Safe T Score, Produktivitas



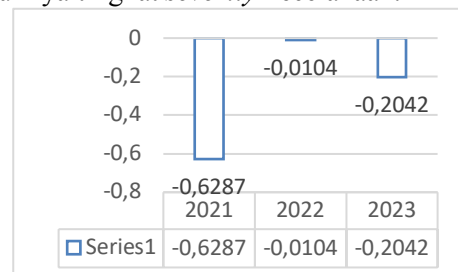
Gambar 6. Tingkat Frekuensi Kecelakaan Kerja

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa tren kecelakaan kerja yang terjadi setiap tahunnya per satu juta jam kerja, mengalami penurunan. Menurut informasi perusahaan, selama tahun 2020 dan tahun 2021 program K3 tidak dijalankan dengan baik. Berbeda dengan tahun 2022 dan tahun 2023 terjadi penurunan kecelakaan kerja dikarenakan perusahaan sudah menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dengan baik. Program K3 jika dijalankan secara konsisten dan terkonsep akan mengurangi jumlah kecelakaan kerja selama program tersebut masih dijalankan terus menerus.



Gambar 7. Tingkat Severity Kecelakaan Kerja

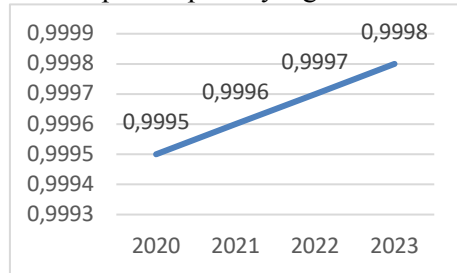
Manajemen K3 di pelabuhan tersebut memberikan acuan bahwa semakin kecil nilai SR maka dinyatakan semakin baik. Adapun acuan tersebut dapat dibuat batasan diantaranya dikatakan baik jika $SR < 400$ dan dikatakan tidak baik jika > 400 . Berdasarkan gambar diatas bahwa pada tahun 2020, tingkat *severity* tertinggi dibanding tahun selanjutnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat *severity* semakin menurun seiring berjalannya waktu, yang akan berdampak pada peningkatan produktivitas kerja. Jika dibandingkan antara tingkat frekuensi kecelakaan dengan tingkat *severity* maka grafiknya linier dan begitu juga turunnya tingkat frekuensi sebanding dengan turunnya tingkat *severity* kecelakaan.



Gambar 8. Safe T Score

Berdasarkan gambar tersebut bahwa hasil analisis pengukuran NTS atau STS menunjukkan adanya peningkatan frekuensi kecelakaan antara tahun 2021 dan 2022 dan penurunan frekuensi kecelakaan antara 2022 dan 2023. Nilai NTS tahun 2021 sebesar -0,6287, artinya perbandingan nilai tingkat FR tahun 2021 dengan tahun 2020. Sementara nilai NTS tahun 2022 sebesar -0,0104, artinya perbandingan nilai FR tahun 2022 dengan tahun 2021. Sementara nilai NTS tahun 2023 sebesar -0,2042, artinya perbandingan nilai FR tahun 2023 dengan tahun 2022. Sehingga pembahasan penelitian ini artinya kondisi kecelakaan kerja di pelabuhan menunjukkan keadaan yang membaik. Tantangan kedepannya bahwa perusahaan harus dapat menurunkan nilai tingkat FR dengan cara

menghilangkan jumlah kecelakaan kerja menjadi *zero accident*, sehingga perusahaan akan mendapatkan profit yang lebih baik.



Gambar 9. Tingkat Produktivitas Karyawan

Tingkat produktivitas kerja karyawan berbanding terbalik dengan tingkat frekuensi dan tingkat keparahan kecelakaan kerja. Semakin rendah tingkat frekuensi dan keparahan kecelakaan akan meningkatkan tingkat produktivitas kerja karyawan, karena karyawan secara pekerjaan terjamin keselamatan kerjanya. Hal ini didukung juga oleh buku bahwa kecelakaan kerja berkurang maka tingkat produktivitas karyawan akan meningkat.

3. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Hasil identifikasi risiko didapatkan output berupa nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari hasil perkalian nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Penentuan nilai SOD didapat dari keputusan *Analyst* HSSE *Investigation* dengan didukung oleh data kegagalan perusahaan. Hasil penentuan nilai SOD diambil dari pendapat salah satu *expert* yang lebih memahami dan berpengalaman terhadap kecelakaan kerja tersebut.

Pada Tabel 8 dan Tabel 9, diketahui bahwa hasil identifikasi pada kecelakaan kerja yang memiliki nilai RPN > 350. Kegagalan yang terjadi yaitu kapal menabrak dermaga yang memiliki nilai RPN sebesar 490 menyebabkan dermaga rusak. Truk menabrak HMC yang memiliki nilai RPN sebesar 420 menyebabkan HMC rusak. *Container* dijatuhkan di blok yang salah yang memiliki nilai RPN sebesar 392 menyebabkan kecelakaan FL/RS. Isi *container* tumpah yang memiliki nilai RPN sebesar 441 menyebabkan muatan di dalam petikemas rusak. Membawa *container* kosong dengan pintu yang tidak terkunci yang memiliki nilai RPN sebesar 378 menyebabkan *head truck* menabrak.

4. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Rata-rata nilai probabilitas yang didapatkan pada dermaga rusak sebesar 0,5. Adapun akar masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya dermaga rusak adalah petugas lapangan lalai, rambu/marka tidak jelas, usia konstruksi *caisson* sudah tua, petugas pemanduan kapal lalai dengan nilai probabilitas sebesar 0,6. Rata-rata nilai probabilitas yang didapatkan pada HMC rusak sebesar 0,476. Adapun akar masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya HMC rusak adalah satpam lalai, operator *head truck* lalai, pemilik kapal lalai, *chief* kapal lalai, petugas operasi lalai, operator *shipcrane* lalai, *signalman* lalai, operator HMC lalai, lebar dermaga terbatas dengan nilai probabilitas sebesar 0,6. Rata-rata nilai probabilitas yang didapatkan pada kecelakaan FL/RS sebesar 0,545. Adapun akar masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya kecelakaan FL/RS adalah petugas operasional lalai, petugas pelayanan lalai, operator FL/RS lalai, belum ada peraturan untuk timbang masuk dan keluar, mekanik lalai dengan nilai probabilitas sebesar 0,6. Rata-rata nilai probabilitas yang didapatkan pada muatan di dalam petikemas rusak sebesar 0,3. Adapun akar masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya muatan di dalam petikemas rusak adalah pelayaran lalai dengan nilai probabilitas sebesar 0,6. Rata-rata nilai probabilitas yang didapatkan pada *head truck* menabrak sebesar 0,514. Adapun akar masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya *head truck* menabrak adalah petugas *gate* lalai, operator *head truck* lalai, petugas operasi lalai dengan nilai probabilitas sebesar 0,6.

5. Upaya Perbaikan dan Pencegahan

Maka dilakukan tindakan pencegahan dan perbaikan risiko akar penyebab dermaga rusak dengan memberi sanksi kepada petugas yang lalai, pelaksanaan *safety induction* secara rutin, pelaksanaan *safety patrol* setiap *shift*, pengaturan alur dan rambu-rambu lalu lintas, mematuhi rambu lalu lintas, jadwal perbaikan untuk dinding *caisson*. Tindakan pencegahan dan perbaikan risiko akar penyebab HMC rusak dengan memberi sanksi kepada petugas yang lalai, pelaksanaan *safety induction* secara rutin, pelaksanaan *safety patrol* setiap *shift*, pengaturan jumlah *truck* yang masuk agar tidak terjadi kemacetan, jadwal perbaikan untuk peralatan dan fasilitas yang rusak, pengaturan

alur dan rambu-rambu lalu lintas, mematuhi rambu lalu lintas, sosialisasi *Work Instruction* (WI) untuk operator. Tindakan pencegahan dan perbaikan risiko akar penyebab kecelakaan FL/RS dengan memberi sanksi kepada petugas yang lalai, pelaksanaan *safety induction* secara rutin, pelaksanaan *safety patrol* setiap *shift*, jadwal perbaikan untuk peralatan dan fasilitas yang rusak, sosialisasi *Work Instruction* (WI) untuk operator, pembuatan peraturan baru tentang wajib timbang ketika masuk pelabuhan. Tindakan pencegahan dan perbaikan risiko akar penyebab muatan di dalam petikemas rusak dengan memberi sanksi kepada petugas yang lalai, pelaksanaan *safety induction* secara rutin, pelaksanaan *safety patrol* setiap *shift*, jadwal perbaikan untuk peralatan dan fasilitas yang rusak. Tindakan pencegahan dan perbaikan risiko akar penyebab *head truck* menabrak dengan memberi sanksi kepada petugas yang lalai, pelaksanaan *safety induction* secara rutin, pelaksanaan *safety patrol* setiap *shift*, sosialisasi *Work Instruction* (WI) untuk operator.

KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian dan analisis yang dilakukan pada Pelabuhan Patimban tentang pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam meningkatkan produktivitas kinerja, yaitu :

1. Nilai probabilitas keselamatan kerja (X1) lebih kecil apabila dibandingkan dengan taraf kesalahan 0,05 ($0,003 < 0,05$). Nilai probabilitas kesehatan kerja (X2) lebih kecil apabila dibandingkan dengan taraf kesalahan 0,05 ($0,002 < 0,05$). Yang artinya variabel keselamatan kerja (X1) dan kesehatan kerja (X2) berpengaruh signifikan terhadap variabel kinerja (Y).
2. Terlihat dari hasil analisis hubungan keselamatan kerja dengan produktifitas bahwa semakin sedikit kecelakaan yang terjadi, maka semakin kecil pula hari kerja yang hilang dan mengakibatkan semakin tingginya tingkat produktifitas.
3. Terdapat 5 *potential cause* dengan nilai RPN >350 yaitu *potential cause* Dermaga rusak, HMC rusak, Kecelakaan FL/RS, Muatan di dalam peti kemas rusak, *Head*

truck menabrak.

4. Usulan perbaikan berdasarkan 5 *potential cause* adalah Pemberian sanksi kepada petugas lapangan yang lalai, Pelaksanaan *safety induction* secara rutin, Pelaksanaan *safety patrol* setiap *shift*, Pengaturan alur dan rambu-rambu lalu lintas, Mematuhi rambu lalu lintas, Jadwal perbaikan untuk dinding *caisson*, Memperluas lebar dermaga, Pembuatan peraturan baru tentang wajib timbang ketika masuk pelabuhan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih hal ini terutama pada Pelabuhan Patimban yang telah memberikan izin dan para *expert* khususnya yang telah berkenan memberikan waktunya dan membantu penulis sehingga penulis memperoleh informasi yang berguna terkait analisis risiko kegagalan pada aktivitas bongkar muat serta pengaruhnya pada kinerja karyawan. Selain itu, penulis juga ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyelesaian penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

1. Avianda, Yuniati & Yuniar. (2014). Strategi Peningkatan Produktivitas di Lantai Produksi Menggunakan Metode Objective Matrix. Bandung : Institut Teknologi Nasional
2. Belu, N., Ionescu, L. M., & Rachieru, N. (2019). Risk-cost model for FMEA approach through Genetic algorithms – A case study in automotive industry. IOP Conference Series : Materials Science and Engineering, 564, 012102. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/564/1/012102>
3. Busro, M. (2018). Manajemen Sumber Daya Manusia In Manajemen Sumber Daya Manusia. In Edisi Revisi Jakarta : Bumi Aksara
4. Cecep Dani Sucipto, SKM, M.Sc. Keselamatan dan Kesehatan Kerja. ISBN 978-602-1107-08-9
5. Farizal, Rachman, Amar dan Rasyid, Hadi Al. 2014. “Model Peramalan

- Konsumsi Bahan Bakar Jenis Premium di Indonesia dengan Regresi Linier Berganda”. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. Vol. 13, No. 2.
6. Fauzan, M. 2014. Implementasi Program Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dalam Meningkatkan Produktivitas Kerja Karyawan Pada PT. Tridiantara Alvindo Duri. <http://repository.uin-suska.ac.id/4270/>. Diakses 18 November 2023
 7. Ghozali, & Moh. Sofyan, S. (2018). *METODOLOGI PENELITIAN KEUANGAN DAN BISNIS*. Bogor: Penerbit IN MEDIA
 8. Gujarati D., & Moh. Sofyan, S. (2018). *METODOLOGI PENELITIAN KEUANGAN DAN BISNIS*. Bogor: Penerbit IN MEDIA.
 9. Hanif. R. Y., Rukmi. H. S., Susanty. S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury Di PT. X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung*. Reka Integra ISSN : 2338-5081. Vol. 3 No. 03
 10. Kartika. W. Y., Harsono. A., Permata. G., (2016). Usulan Perbaikan Menggunakan Metode Fault Mode and Effect Analysis dan Metode Fault Tree Analysis Pada PT. Sygma Examedia Arkanleema. *Jurnal Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung*. Reka Integra ISSN : 2338-5081. Vol. 4 No. 01
 11. Lasse, D. A. 2016. *Manajemen Muatan Aktivitas Rantai Pasok di Area Pelabuhan - Ed. 1, - Cet. 3. - Jakarta : Rajawali Pers*. ISBN 978-979-769-477-7
 12. Masturoh, I., & Anggita T, N. (2018). *Metodologi Penelitian Kesehatan (Pertama)*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
 13. M. Farmasetika dan A. M. Review, “Ishikawa Diagram dan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang sering digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri”, vol. 6, no. 1, pp. 1-9, 2021.
 14. Nursalam. (2016). *Metodologi Penelitian Ilmu Keperawatan : Pendekatan Praktis*.
 15. Pandoyo, Sofyan. 2018. *Metodologi Penelitian Keuangan dan Bisnis*. Jakarta : In Media
 16. Prayogi, M. F., Sari, D. P., & Arvianto, A. (2016). Analisis Penyebab Cacat Produk Furniture Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus pada PT. Ebako Nusantara) *Industrial Engineering Online Journal*, 5(4).24-36
 17. Sadli, M., & Vionita, V. V. Al. (2021). Penerapan Perilaku Protokol Kesehatan Pada Petugas Puskesmas. *Jurnal Kesehatan*, 12(1), 1-8. <http://jurnal.stikescirebon.ac.id/index.php/kesehatan/article/view/231>
 18. Salami, I, RS, dkk. 2016. *Keselamatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja*. Gajah Mada University Press. Bandung.
 19. Shafiee, M., Enjema, E., & Kolios, A. (2019). An Integrated FTA-FMEA Model for Risk Analysis of Engineering Systems : A Case Study of Subsea Blowout Preventers. *Applied Sciences*, 9(6), 1192. <https://doi.org/10.3390/app9061192>
 20. Sri Rahayu Utami (2013). Hubungan Antara Status Gizi dan Tingkat Kebugaran Jasmani dengan Produktivitas Kerja pada Tenaga Kerja Wanita Unit Spinning 1 bagian Winding PT. Apac Inti Corpora Bawen. *Jurnal, Jurusan Ilmu Kesehatan Universitas Negeri Semarang*
 21. Subriadi, A. P., & Najwa, N. F. (2020). The consistency analysis of failure mode and effect analysis (FMEA) in information technology risk assessment. *Heliyon*, 6(1), e03161. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03161>
 22. Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif,*

- Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
23. Sugiyono (2019). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung : Alfabet
 24. Sultan, I., & Gorontalo, A. (2020). Urgensi Tasawuf Dalam Membangkitkan Kesadaran Spiritual Bagi Masyarakat Modern, 17, 91-104
 25. Tarwaka. (2014). Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Surakarta : Harapan Press
 26. V. Kartikasari dan H. Romadhon, “Analisis Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Proses Pengalengan Ikan Tuna Menggunakan Metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) Studi kasus di PT XXX Jawa Timur, “J. Ind. View, vol. 1, pp. 1-10, 2019, doi: 10.26905/jiv.v1i1.2999.
 27. Yasinta, R., Maulidha, A., Denny, H. M., & Jayanti, S. (2015). Analisis Implementasi Aspek Pengendalian Operasional Berdasarkan Ohsas 18001 : 2007 dan PP No. 50 Tahun 2012 di Area Filling Shed PT. X. Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal), 3(3), 582-593
 28. Yuliara, I. M. 2016. Modul Regresi Linier Berganda. Bali : Universitas Udayana

Penilaian Risiko Postur Kerja dan Perancangan Ulang Stasiun Kerja pada Pekerjaan *Marking* Sesuai SNI 9011:2021 di *Workshop* Fabrikasi Baja

Work Posture Risk Assessment and Work Station Redesign in Marking Work According to SNI 9011:2021 in Steel Fabrication Workshop

Haidar Natsir Amrullah¹, Mareta Pristiwanti²

1. Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
2. Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

***Corresponding Author : Haidar Natsir Amrullah**

Email : haidar.natsir@ppns.ac.id

ABSTRAK

Pekerjaan *marking* merupakan tahapan awal dalam proses fabrikasi baja. Stasiun kerja pada pekerjaan tersebut tidak sesuai sehingga pekerjaan *marking* dilakukan dengan postur kerja yang tidak ergonomis. Postur kerja yang tidak ergonomis dapat mengakibatkan gejala GOTRAK (gangguan pada otot dan rangka). Hasil survei keluhan gangguan otot dan rangka menunjukkan 60% dari total pekerja *marking* memiliki keluhan gangguan otot dan rangka dengan tingkat risiko sedang. Keluhan utama yang dirasakan oleh pekerja adalah bagian lutut dan betis karena terdapat posisi kerja jongkok dalam waktu yang lama. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan penilaian risiko postur kerja pada pekerjaan *marking* sesuai SNI 9011:2021 dan melakukan perancangan ulang stasiun kerja untuk menurunkan tingkat risiko. Hasil penelitian menunjukkan risiko ergonomi pada pekerjaan *marking* dikategorikan berbahaya berdasarkan SNI 9011:2021 dengan skor total sebesar 11. Pengendalian yang diberikan berupa rancangan ulang meja kerja untuk peletakan plat yang disesuaikan dengan antropometri masyarakat Indonesia. Rancangan ulang meja kerja dapat menurunkan nilai risiko dari 11 menjadi 1 dan dikategorikan aman berdasarkan SNI 9011:2021. Hal tersebut dibuktikan melalui simulasi perbaikan pada fasilitas kerja *marking* dan penilaian risiko dengan rancangan stasiun kerja baru.

Kata Kunci : GOTRAK, Marking, Perancangan Ulang, Postur Kerja, SNI 9011:2021

ABSTRACT

Marking is the initial stage in the steel fabrication process. The work station for this work is not appropriate so that the marking work is carried out with an awkward posture. An awkward posture can cause GOTRAK symptoms (muscle and skeletal disorders). The results of GOTRAK survey showed that 60% of the total marking workers had complaints of muscle and skeletal disorders with a moderate risk level. The main complaints felt by workers were the knees and calves because there was a squatting work position for a long time. The purpose of this study was to assess the risk of work posture in marking work according to SNI 9011:2021 and to redesign the work station to reduce the level of risk. The results showed that the ergonomic risk in marking work was categorized as dangerous based on SNI 9011:2021 with a total score of 11. The control provided was in the form of redesigning the work table for placing plates that were adjusted to the anthropometry of the Indonesian people. The redesign of the workbench can reduce the risk value from 11 to 1 and is categorized as safe based on SNI 9011:2021. This is proven through simulation of improvements to marking work facilities and risk assessment with the new workstation design.

Keywords: Marking, MSDs, Redesign, SNI 9011:2021, Work Posture,

PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan bidang ilmu yang mempelajari cara peningkatan dan pemeliharaan kesehatan fisik, mental dan kesejahteraan sosial bagi pekerja di seluruh sektor pekerjaan. Salah satu aspek penting dalam implementasi keselamatan dan kesehatan kerja adalah mewujudkan lingkungan kerja yang aman.¹ Lingkungan kerja aman memiliki peranan penting dalam pengendalian faktor risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang terkait dengan pekerjaan. Faktor risiko dalam lingkungan kerja mencakup berbagai aspek salah satunya faktor risiko ergonomi yang terkait dengan metode kerja, bahan kerja, peralatan dan mesin yang digunakan serta pekerja itu sendiri.⁴

Ergonomi merupakan suatu konsep ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan elemen lain dalam suatu sistem untuk mengoptimalkan efisiensi, kesehatan, keamanan dan kenyamanan di tempat kerja.¹¹ Ilmu ergonomi mempelajari aspek manusia yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, manajemen dan desain perancangan.²² Implementasi ilmu ergonomi di tempat kerja dapat mewujudkan lingkungan kerja yang aman melalui pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja dari postur kerja yang tidak ergonomis.²¹

Postur kerja tidak ergonomis dicirikan dengan bagian tubuh yang menjauhi posisi anatomis tubuh seperti punggung yang membungkuk ke depan, posisi leher yang terlalu menunduk atau mendongak ke atas, pergelangan tangan yang menekuk ke depan dan postur kerja tersebut dilakukan berulang kali selama melakukan pekerjaan.¹⁸ Postur kerja tidak ergonomis menyebabkan pengerahan tenaga yang berlebihan dalam melakukan pekerjaan dan berdampak pada kelelahan fisik.¹³ Selain itu, postur kerja tidak ergonomis juga dapat menimbulkan risiko penyakit akibat kerja yaitu MSDs atau GOTRAK (gangguan otot dan rangka).⁶

Angka prevalensi keluhan Musculoskeletal Disorders di dunia menurut data dari Labour Force Survey (LFS) menunjukkan angka yang sangat tinggi sebanyak 1.144.000 kasus dengan rincian keluhan pada punggung sebanyak 493.000

kasus, leher 426.000 kasus, dan tubuh bagian bawah 224.000 kasus. Indonesia sendiri memiliki angka prevalensi penyakit muskuloskeletal berdasarkan diagnosa tenaga kesehatan 11,9 % dan berdasar diagnosis atau gejala sebesar 24,7%.¹⁷

Gangguan pada otot dan rangka ditandai dengan adanya keluhan yang dirasakan pada bagian tubuh seperti rasa tidak nyaman dan nyeri otot, kesemutan hingga rasa terbakar. Gangguan tersebut dapat timbul karena adanya cedera atau gangguan pada otot, tendon, sendi dan syaraf.¹⁹ Gangguan pada otot dan rangka dapat timbul ketika otot mendapatkan beban statis berulang kali.⁷ Gangguan pada otot dan rangka dapat bersifat kronis seiring berjalannya waktu.¹⁵ Gangguan pada otot dan rangka saat bekerja dapat berdampak pada penurunan produktivitas kerja.³

Pada Kurun waktu 2019 hingga 2021 tercatat sebanyak 666.899 kasus kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang tercatat oleh Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS).⁹ Sedangkan *World Health Organization* (WHO) menyebutkan sekitar 1,71 miliar orang di seluruh dunia pada tahun 2021 memiliki gangguan MSDs atau gangguan pada otot dan rangka.⁸

Pekerjaan *marking* merupakan tahap awal dalam proses produksi fabrikasi baja. Pekerjaan *marking* adalah aktivitas penggambaran pola di atas plat baja menggunakan kapur baja untuk mempermudah proses pemotongan baja dengan mengikuti pola yang sudah dibuat. Hasil pengamatan awal ditemukan beberapa postur kerja tidak ergonomis seperti posisi jongkok, punggung membungkuk ke depan dan leher yang menekuk ke depan. Postur kerja tersebut dilakukan oleh pekerja selama melakukan pekerjaan yaitu selama 8 jam kerja. Postur kerja yang dilakukan pekerja *marking* merupakan akibat dari tidak tersedianya stasiun kerja yang sesuai. Untuk memperkuat pengamatan awal dilakukan survei keluhan gangguan otot dan rangka pada 5 pekerja *marking*. Hasil survei menunjukkan 60% dari total pekerja pekerja *marking* memiliki keluhan gangguan otot dan rangka di beberapa bagian tubuh dengan tingkat risiko sedang. Keluhan gangguan otot dan rangka yang dirasakan pekerja dapat menyebabkan cedera.¹⁴

Untuk mengetahui tingkat risiko ergonomi pada pekerja *marking* dalam upaya mengurangi risiko cedera dan menciptakan lingkungan kerja yang aman maka perlu dilakukan penilaian tingkat risiko ergonomi. Penilaian potensi bahaya ergonomi di tempat kerja berperan penting dalam memastikan kondisi keselamatan dan kesehatan pekerja.² Penilaian risiko ergonomi terutama pada postur kerja telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu menggunakan metode RULA, REBA, dan lainnya.^{11,14,7} Penilaian risiko ergonomi pada pekerjaan *marking* fabrikasi baja dilakukan berdasarkan SNI 9011:2021. Standar tersebut merupakan standar di Indonesia yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan evaluasi potensi bahaya ergonomi di tempat kerja yang meliputi identifikasi potensi bahaya ergonomi, penilaian risiko ergonomi yang meliputi penilaian postur kerja dan pengangkatan manual serta pengendalian risiko ergonomi.⁵

Hasil dari penilaian tingkat risiko ergonomi pekerjaan *marking* diberikan rekomendasi perancangan ulang stasiun kerja untuk menurunkan nilai risiko. Perancangan ulang stasiun kerja dilakukan sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomi dan hasilnya disimulasikan melalui software CATIA dengan memanfaatkan fitur pemodelan manusia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan hasil akhir berupa nilai yang menunjukkan tingkat risiko ergonomi dari hasil penilaian risiko ergonomi berdasarkan SNI 9011:2021. Objek pada penelitian ini adalah pekerja *marking* pada perusahaan workshop fabrikasi baja di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Penelitian dilakukasn selama empat bulan diawali dengan pengambilan data primer berupa pengamatan dan dokumentasi postur kerja serta pengisian survey GOTRAK. Postur kerja yang telah diamati kemudian dilakukan penilaian risiko ergonomi sesuai dengan SNI 9011:2021. Hasil penilaian risiko ergonomi menjadi dasar untuk perbaikan stasuin kerja baru untuk mengurangi risiko. Tahapan penelitian secara terperinci adalah sebagai berikut :

1. Melakukan survei keluhan gangguan otot dan rangka (GOTRAK) pada seluruh pekerja

Survei keluhan gangguan otot dan rangka dilakukan dengan membagikan

kusioner keluhan gangguan otot dan rangka untuk dapat diisi oleh pekerja. Kuisisioner survei telah terlampir dalam SNI 9011:2021 yang memuat beberapa pertanyaan dan terdapat peta tubuh untuk memudahkan dalam memetakan keluhan bagian tubuh yang dirasakan pekerja. peta tubuh terdiri dari 12 bagian tubuh dimana setiap bagian tubuh terdapat dua pertanyaan yaitu level keparahan dan frekuensi terjadinya keluhan yang dirasakan. Hasil survei kemudian diakumulasikan untuk mengetahui tingkat keluhannya. Penentuan tingkat keluhan dari hasil survei gotrak menggunakan matriks risiko yang ditunjukkan pada Gambar 1. Di bawah.

Frekuensi	Keparahan			
	Tidak ada masalah (1)	Tidak nyaman (2)	Sakit (3)	Sakit parah (4)
Tidak pernah (1)	1	2	3	4
Terkadang (2)	2	4	6	8
Sering (3)	3	6	9	12
Selalu (4)	4	8	12	16
Keterangan	1-4	Risiko rendah		
	6	Risiko sedang		
	8-16	Risiko tinggi		

Gambar 1. Matriks Risiko Keluhan Gotrak

Sumber : SNI 9011:2021

Gambar 1. di atas menunjukkan klasifikasi tingkat keparahan dan tingkat frekuensi keluhan. Pengklasifikasian nilai risiko dari survei gotrak adalah 1-4 merupakan risiko rendah dengan warna hijau, 6 merupakan risiko sedang dengan warna kuning dan 8-16 merupakan risiko tinggi dengan warna merah. Nilai tersebut merupakan hasil perkalian tingkat keparahan dan tingkat frekuensi

2. Mengambil dokumentasi

Pengambilan dokumentasi dalam penilaian risiko ergonomi adalah berupa pengambilan gambar postur kerja dan video pada saat pekerja melakukan pekerjaannya. Hasil dokumentasi nantinya akan mempermudah dalam melakukan identifikasi potensi bahaya ergonomi yang dibuktikan dengan gambar dan menentukan durasi pekerjaan untuk melakukan penilaian risiko ergonomi yang didapatkan dari pengambilan video.

3. Melakukan penilaian risiko ergonomi

Penilaian risiko ergonomi dilakukan dengan bantuan daftar periksa potensi bahaya ergonomi yang telah terlampir dalam SNI

9011:2021. Daftar periksa tersebut terdiri dari penilaian postur kerja bagian atas dan bagian bawah tubuh serta penilaian pengangkatan manual. Penentuan nilai risiko ergonomi dilakukan dengan menentukan persentase durasi paparan potensi bahaya yang terbagi menjadi tiga bagian yaitu 0-25%, 25%-50% dan 50%-100%. Durasi paparan potensi bahaya didapat dari hasil pengamatan melalui video pekerjaan dan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Durasi paparan dari bahaya (jam)}}{\text{Durasi kerja dalam satu shift (jam)}} \times 100\%$$

Hasil penilaian risiko ergonomi merupakan penjumlahan dari penilaian postur kerja tubuh bagian atas dan bawah yang ditentukan berdasarkan durasi paparan potensi bahaya ergonomi serta penilaian aktivitas pengangkatan manual yang meliputi penilaian zona pengangkatan manual dan faktor risiko pengangkatan manual. Tingkat risiko ergonomi terbagi menjadi 3 kategori yaitu kategori aman dengan nilai risiko ≤ 2 , kategori perlu pengamatan lebih lanjut dengan nilai risiko 3-6 dan kategori berbahaya dengan nilai risiko ≥ 7 .

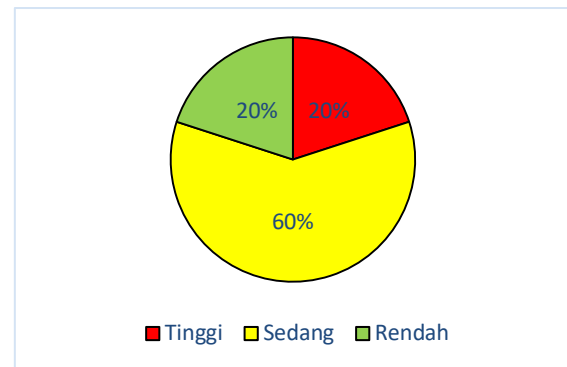
Hasil penilaian risiko ergonomi kemudian dikendalikan dengan melakukan perancangan ulang stasiun kerja. Perancangan ulang stasiun kerja dilakukan sesuai data antropometri masyarakat Indonesia dengan jenis kelamin laki-laki. Hasil perancangan ulang stasiun kerja kemudian disimulasikan melalui *software* CATIA untuk mengetahui perubahan postur kerja sehingga dapat dilakukan penilaian ulang risiko ergonomi untuk mengetahui penurunan tingkat risiko setelah diberikan rancangan ulang stasiun kerja.

HASIL PENELITIAN

1. Survei Keluhan Gangguan Otot dan Rangka

Survei keluhan gangguan otot dan rangka pada 5 pekerja *marking* merupakan tahapan awal dalam melakukan penilaian tingkat risiko ergonomi. Peneliti melakukan survei keluhan gangguan otot dan rangka kepada pekerja *marking* melalui wawancara. Hasil survei keluhan gangguan otot dan rangka diolah melalui tabel matriks risiko yang telah dijelaskan sebelumnya dan disajikan dalam

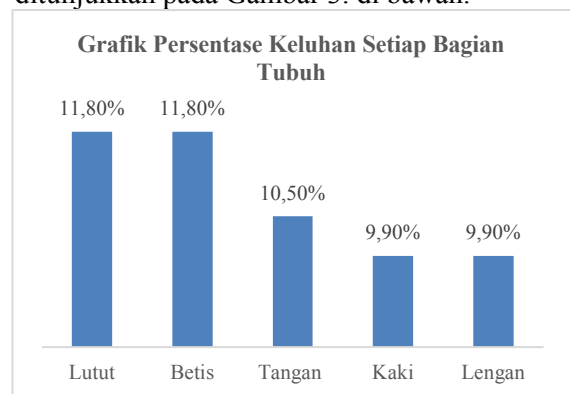
bentuk diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2. di bawah.



Gambar 2. Diagram Hasil Survei Keluhan Gangguan Otot dan Rangka

Sumber : Data Primer Penelitian, 2024

Dari Gambar 2. di atas dapat diketahui dari seluruh pekerja *marking* 60% memiliki keluhan gangguan otot rangka dengan tingkat risiko sedang. 5 keluhan bagian tubuh terbanyak yang dirasakan pekerja *marking* ditunjukkan pada Gambar 3. di bawah.



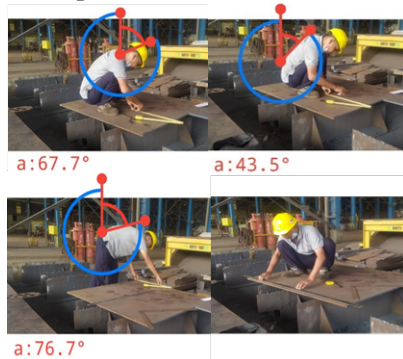
Gambar 3. Grafik Persentase Keluhan Tubuh Terbanyak

Grafik yang ditunjukkan Gambar 3. di atas dapat diketahui bahwa 5 keluhan bagian tubuh terbanyak yang dirasakan pekerja *marking* adalah lutut, betis, tangan, kaki dan lengan. Sedangkan keluhan tertinggi yang dirasakan adalah bagian lutut dan betis dengan persentase 11,8%

2. Penilaian risiko ergonomi

Tahapan selanjutnya setelah dilakukan survei keluhan gangguan otot dan rangka adalah melakukan penilaian risiko ergonomi dari dokumentasi yang telah dikumpulkan oleh peneliti. Hasil pengamatan menunjukkan

terdapat beberapa potensi bahaya ergonomi yang teridentifikasi. Potensi bahaya ergonomi yang teridentifikasi adalah adanya postur kerja janggal pada tubuh bagian atas yang ditunjukkan pada Gambar 4. di bawah.



Gambar 4. Postur Kerja Janggal Tubuh Bagian Atas

Gambar 4. di atas menunjukkan postur kerja janggal tubuh bagian atas yang teridentifikasi diantaranya leher menekuk ke depan $>20^\circ$, tubuh membungkuk ke depan dan membentuk sudut $>45^\circ$ dan pergelangan tangan yang menekuk ke depan saat melakukan pengukuran dan penggambaran pola. Untuk postur janggal selanjutnya yang teridentifikasi adalah postur janggal tubuh bagian bawah. Postur kerja janggal tubuh bagian bawah yang dilakukan pekerja *marking* adalah posisi jongkok. Pada pekerjaan *marking* tidak terdapat aktivitas pengangkatan manual sehingga untuk penilaian risiko ergonomi untuk aktivitas pengangkatan manual adalah 0. Durasi pekerjaan *marking* untuk 1 plat baja dilakukan dalam waktu 11 menit 58 detik atau 0,2 jam sehingga hasil penilaian risiko ergonomi pada masing-masing potensi bahaya ergonomi yang teridentifikasi ditunjukkan pada Tabel 1. di bawah.

Tabel 1. Penilaian Risiko Ergonomi Pekerjaan *Marking*

Potensi Bahaya	Durasi Paparan (jam)	Persentase Paparan (%)	Skor
Leher menekuk ke depan	0,14	70	2
Tubuh membungkuk ke depan 20° - 45°	0,14	70	2
Tubuh membungkuk ke depan $>45^\circ$	0,06	30	2
Pergelangan tangan menekuk ke depan	0,07	35	2

Posisi jongkok	0,14	70	3
Total Nilai Risiko Ergonomi			11

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui untuk total nilai risiko ergonomi dari pekerjaan *marking* adalah 11. Sesuai SNI 9011:2021 skor 11 termasuk dalam kategori risiko Berbahaya dan harus segera diperbaiki.

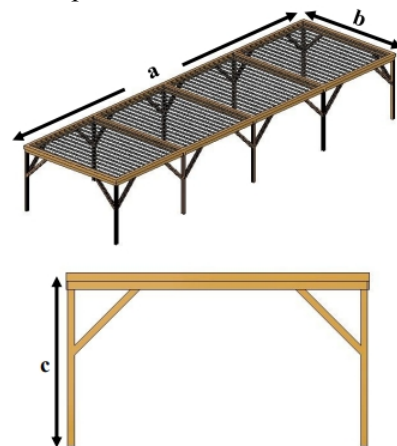
3. Perancangan Ulang Stasiun Kerja

Perancangan ulang stasiun kerja sebagai upaya menurunkan nilai risiko ergonomi pada pekerjaan *marking*. Perancangan ulang stasiun kerja yang diusulkan adalah pembuatan meja kerja sebagai peletakan plat. Penentuan dimensi meja kerja disesuaikan dengan antropometri masyarakat Indonesia dengan jenis kelamin laki-laki.¹² Penentuan dimensi meja kerja dan data antropometri yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2. di bawah.

Tabel 2. Hasil Penentuan Dimensi Perancangan Meja Kerja

Keterangan	Dimensi	Allowance	Dimensi Akhir
Panjang meja (a)	-	-	600 cm
Lebar meja (b)	-	-	180 cm
Tinggi meja (menggunakan tinggi siku berdiri persentil 50%) (c)	100,04 cm	+2,5 cm (sol sepatu laki-laki) +7 (pekerjaan dengan ketelitian)	109,54 cm

Tabel 2 menunjukkan antropometri yang digunakan dalam perancangan ulang meja kerja adalah tinggi siku berdiri dalam penentuan tinggi meja kerja dengan penambahan *allowance* tinggi sepatu dan jenis pekerjaan yang membutuhkan ketelitian. Desain perancangan ulang meja kerja ditunjukkan pada Gambar 6. di bawah.

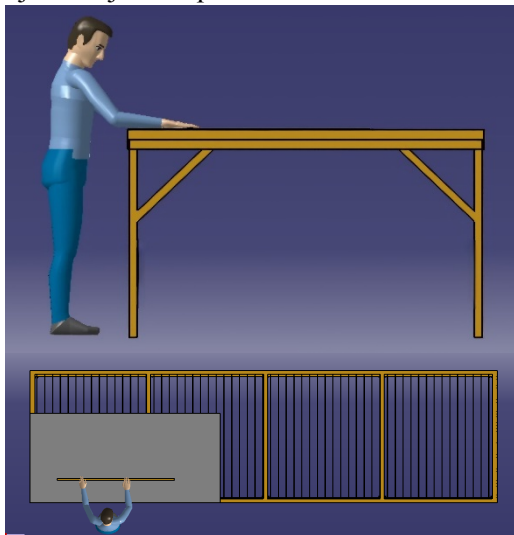


Gambar 6. Hasil Perancangan Ulang Meja Kerja

Gambar di atas merupakan desain hasil perancangan ulang meja kerja untuk pekerjaan *marking* dengan keterangan huruf a merupakan panjang meja, huruf b merupakan lebar meja dan huruf c merupakan tinggi meja

4. Simulasi Hasil Perancangan Ulang Stasiun Kerja

Simulasi hasil perancangan ulang stasiun kerja pada pekerjaan *marking* bertujuan untuk mengetahui perubahan postur kerja setelah dilakukan perancangan ulang stasiun. Hasil simulasi pekerjaan *marking* dengan menggunakan rancangan ulang meja kerja ditunjukkan pada Gambar 7. di bawah.



Gambar 7. Hasil Simulasi Pekerjaan *Marking* Setelah Dilakukan Perancangan Ulang Stasiun Kerja

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa terdapat perubahan postur kerja pada pekerjaan *marking* setelah dilakukan perancangan ulang meja kerja. Pekerjaan yang semula harus dilakukan dengan posisi jongkok dapat disesuaikan dengan posisi berdiri tegak yang memiliki risiko lebih ringan.

5. Penilaian Kembali Risiko Ergonomi

Setelah dilakukan simulasi untuk mengetahui perubahan postur kerja dengan menggunakan rancangan ulang stasiun kerja maka langkah selanjutnya adalah penilaian kembali risiko ergonomi pada pekerjaan

marking setelah diberikan rekomendasi meja kerja. Penilaian kembali risiko ergonomi pada pekerjaan *marking* berdasarkan hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 3. di bawah.

Tabel 3. Hasil Penilaian Kembali Risiko Ergonomi Pada Pekerjaan *Marking*

Potensi Bahaya	Durasi Paparan (jam)	Persentase Paparan (%)	Skor
Leher menekuk ke depan	0	0	0
Tubuh membungkuk ke depan 20°-45°	0	0	0
Tubuh membungkuk ke depan >45°	0	0	0
Pergelangan tangan menekuk ke depan	0	0	0
Posisi jongkok	0	0	0
Bekerja dengan berdiri diam dalam jangka waktu lama	0,18	90	1
Total Nilai Risiko Ergonomi			1

Berdasarkan tabel di atas ditunjukkan bahwa setelah perancangan ulang meja kerja total nilai risiko yang dihasilkan pada pekerjaan *marking* sebesar 1. Sesuai dengan SNI 9011:2021 skor 1 menunjukkan risiko aman.

PEMBAHASAN

1. Survei Keluhan Gangguan Otot dan Rangka

Berdasarkan hasil survei keluhan gangguan otot dan rangka pada 5 pekerja *marking* menunjukkan keluhan utama yang dirasakan pekerja adalah tubuh bagian bawah yaitu lutut dan betis. Keluhan yang dirasakan pekerja tersebut dipengaruhi oleh adanya potensi bahaya ergonomi posisi jongkok dengan waktu yang cukup lama dalam melakukan proses penggambaran dan pengukuran. Posisi jongkok yang dilakukan pekerja saat penggambaran pola dan pengukuran disebabkan karena tidak tersedianya meja kerja untuk peletakan plat. Plat hanya ditopang oleh matras baja dengan

tinggi 35 cm sehingga pekerja memilih untuk melakukan pekerjaan *marking* dengan posisi jongkok menaiki plat baja.

Posisi jongkok dengan waktu yang cukup lama dapat menimbulkan rasa tidak nyaman hingga kesemutan pada anggota tubuh bagian bawah seperti lutut, betis dan kaki. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa posisi jongkok dapat meningkatkan risiko timbulnya keluhan nyeri pada bagian kaki dan sekitarnya.²⁰

2. Penilaian Risiko Ergonomi

Berdasarkan hasil penelitian terdapat 5 potensi bahaya ergonomi yang teridentifikasi berdasarkan daftar periksa potensi bahaya ergonomi dalam SNI 9011:2021 pada pekerjaan *marking*. 5 potensi bahaya ergonomi yang teridentifikasi adalah leher yang menekuk ke depan dan membentuk sudut sebesar $67,7^{\circ}$, tubuh membungkuk ke depan dan membentuk sudut $43,5^{\circ}$ dan $76,7^{\circ}$, pergelangan tangan yang menekuk serta posisi jongkok. Postur janggal yang dilakukan pekerja merupakan pemaksaan tubuh pekerja untuk bisa melakukan pekerjaan karena stasiun kerja yang tersedia hanya matras setinggi 35 cm.

Pekerja mendapatkan paparan potensi bahaya ergonomi dengan durasi yang berbeda-beda di setiap potensi bahayanya. Berdasarkan SNI 9011:2021 penentuan nilai risiko ergonomi pada postur kerja janggal ditentukan dengan durasi paparan potensi bahaya ergonomi yang dialami pekerja. Dari hasil penilaian risiko ergonomi pada postur kerja janggal yang dialami pekerja didapatkan nilai 11 sedangkan untuk aktivitas pengangkatan manual nilai yang dihasilkan ada 0. Hal tersebut dikarenakan pada pekerjaan *marking* untuk peletakan plat baja di atas matras tidak diangkat secara manual oleh pekerja melainkan menggunakan alat bantu berupa overhead crane. Nilai risiko 11 yang dihasilkan dari pekerjaan *marking* dikategorikan sebagai pekerjaan yang berbahaya menurut SNI 9011:2021 dan harus dilakukan pengendalian.

3. Perancangan Ulang Stasiun Kerja

Perancangan ulang stasiun kerja yang direkomendasikan oleh peneliti adalah perancangan meja kerja untuk peletakan plat baja. Perancangan ulang meja kerja mengikuti

prinsip ergonomi dengan menggunakan data antropometri. Dari hasil penentuan dimensi meja kerja data antropometri yang digunakan adalah tinggi siku berdiri dengan persentil 50% untuk menentukan tinggi meja. Penggunaan persentil 50% bertujuan agar pekerja dengan tinggi siku berdiri yang lebih tinggi tidak terlalu membungkuk dan pekerja dengan tinggi siku berdiri yang lebih pendek tetap dapat melakukan pekerjaan dengan nyaman. Penentuan panjang meja kerja dan lebar meja kerja mengikuti dimensi plat terbesar yang digunakan di *workshop* fabrikasi baja.

Allowance yang digunakan dalam penentuan dimensi tinggi meja kerja adalah dengan menambahkan tinggi sol sepatu sebesar 2,5 cm yang mengikuti tinggi sepatu laki-laki seperti yang diterangkan dalam buku Nurmianto.¹⁶ Allowance lainnya yang ditambahkan dalam penentuan dimensi tinggi meja kerja adalah penambahan tinggi meja sebesar 7 cm. Hal tersebut mengikuti standar perancangan ulang stasiun kerja dalam permenaker No. 05 tahun 2018 untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian, landasan kerja perlu ditambahkan tinggi sebesar 5 hingga 10 cm.¹⁰

4. Simulasi Hasil Perancangan Ulang Stasiun Kerja

Berdasarkan hasil simulasi melalui software CATIA dengan pemanfaatan fitur pemodelan manusia, dapat terlihat postur kerja yang tidak ergonomis atau postur kerja janggal dapat dihilangkan. Dari hasil simulasi untuk leher yang menekuk ke depan, tubuh yang membungkuk ke depan, pergelangan tangan yang menekuk ke depan serta posisi jongkok sudah tidak terlihat setelah dilakukan perancangan ulang stasiun kerja. Hal tersebut dapat terjadi karena dengan penyediaan meja kerja yang tingginya disesuaikan dengan data antropometri tinggi siku berdiri dapat merubah postur kerja sehingga pekerja dapat melakukan pekerjaan *marking* dengan posisi yang lebih ergonomis yaitu berdiri dengan tubuh yang tegap. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa persentil 50% yang digunakan untuk penentuan tinggi meja kerja tidak terlalu tinggi atau terlalu pendek untuk digunakan.

5. Penilaian Kembali Risiko Ergonomi

Berdasarkan hasil peniaian kembali risiko ergonomi setelah perancangan ulang stasiun kerja terlihat nilai risiko ergonomi pada pekerjaan *marking* dapat diturunkan hingga menghasilkan nilai risiko sebesar 1. Hal tersebut dikarenakan setelah perancangan ulang stasiun kerja, pekerja tidak lagi mengalami paparan potensi bahaya ergonomi berupa postur kerja janggal. Perbandingan nilai risiko ergonomi sebelum dan sesudah perancangan ulang stasiun kerja ditunjukkan pada Tabel 4. di bawah.

Tabel 4. Perbandingan nilai risiko Ergonomi Pada Sebelum dan Sesudah Perancangan Ulang Stasiun Kerja

Potensi Bahaya Ergonomi	Nilai Risiko Sebelum Perbaikan	Nilai Risiko Setelah Perbaikan
Leher menekuk ke depan	2	0
Tubuh membungkuk ke depan 20°-45°	2	0
Tubuh membungkuk ke depan >45°	2	0
Pergelangan tangan menekuk ke depan	2	0
Posisi jongkok	3	0
Bekerja dengan berdiri diam dalam jangka waktu lama	0	1
Perbandingan	11	1

Dari tabel di atas dapat diketahui potensi bahaya ergonomi sebelumnya yang teridentifikasi dapat dihilangkan hingga menghasilkan nilai risiko 0 melalui perancangan ulang stasiun kerja. Namun dari adanya penyediaan meja kerja terdapat potensi bahaya ergonomi baru yang teridentifikasi yaitu bekerja dengan berdiri diam dalam jangka waktu yang lama karena sebelumnya pekerjaan *marking* dilakukan dengan posisi jongkok dan setelah perancangan ulang stasiun kerja pekerjaan *marking* dilakukan dengan posisi berdiri. Hal tersebut tidak membahayakan pekerja dari sisi ergonomi karena nilai yang dihasilkan dari adanya potensi bahaya tersebut adalah 1. Berdasarkan

SNI 9011:2021 nilai risiko ergonomi sebesar 1 dikategorikan aman.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa hasil penilaian risiko ergonomi pada pekerjaan *marking* dikategorikan berbahaya dengan skor 11 berdasarkan SNI 9011:2021 sehingga harus dilakukan perbaikan. Perbaikan yang dilakukan adalah perancangan ulang stasiun kerja berupa penyediaan meja kerja yang disesuaikan dengan antropometri Indonesia.

Hasil perancangan ulang meja kerja terbukti dapat mengurangi risiko ergonomi dari skor 11 menjadi 1 dengan kategori risiko aman sesuai dengan SNI 9011:2021.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini terutama pekerja *marking* di workshop fabrikasi baja yang telah bekerja sama dalam pengambilan data dan supervisor *workshop* fabrikasi baja yang telah banyak membantu peneliti untuk mendapatkan informasi mengenai permasalahan ergonomi yang sedang dihadapi dan memberikan saran dalam pemberian rekomendasi pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. I., Agel, C. C. R., Fujianto, F. R., Zuhri, H. S., Ayunigtyah, N., Amnor, R. A., Lestari, A. D. (2024). Penilaian Risiko Kesehatan Kerja Pada Usaha Mikro Konveksi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Trimedika (JPMT)*, 1(2), 159-170.
- Ardiansyah, M. A., dan Ramdhan, D. H. (2024). Pengukuran dan Evaluasi Potensi Bahaya Ergonomi pada Drill helper PT X. *Jurnal Ekonomi dan Manajemen Teknologi (EMT) KITA*, 8(3), 1193-1204.
- Aulia, R., Ginanjar, R. & Fathimah, A. (2019). Analisis Risiko Ergonomi Terhadap Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pada Pekerja Konveksi di Kelurahan Kebon Pedes Kota Bogor Tahun 2018. *Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*, 2(4), 301-305.

4. Aziza, dan Erwand, D. (2024). Analisis Penilaian dan Rekomendasi Desain Ergonomi pada Pekerjaan Laboratorium Menggunakan SNI 9011:2021. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia*, 7(2), 433-44.
<https://doi.org/10.56338/mppki.v7i2.4639>
5. Badan Standardisasi Nasional. (2021). *Pengukuran dan Evaluasi Potensi Bahaya Ergonomi di Tempat Kerja*.
6. Dinanty, A. W. R., Najahan, F., Miranti, A. A., Natsir, H., Radianto, D. O. (2023). Pengukuran dan Evaluasi Potensi Bahaya Ergonomi Pada Pekerja DKRTH di Area ITS Surabaya. *Journal of Student Research*, 1(3), 355-366.
7. Faudy, M. K. & Sukanta, S. (2022). Analisis Ergonomi Menggunakan Metode REBA Terhadap Postur Pekerja Bagian Penyortiran di Perusahaan Bata Ringan. *Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, 3(1), 47-58.
8. Gleadhill, C., Kamper, S. J., Lee, H. & Williams, C. M. (2021). Exploring Integrated Care For Musculoskeletal and Chronic Health Conditions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 51(6), 264-268.
9. Kementerian Ketenagakerjaan RI. (2022). *Profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022*.
10. Kementerian Tenaga Kerja. (2018). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (Salinan)*.
11. Kusuma, Y. A., Akbar, R., Alfia, M. (2024). Pengembangan Metode RULA Berbasis Image Processing dan Deep Learning Untuk Penilaian Risiko Ergonomi Postur Kerja. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(01), 27-36.
12. Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja, Perhimpunan Ergonomi Indonesia, 2013. *Antropometri Indonesia*. Available at :
<https://antropometriindonesia.org/>
[Diakses 21 Juni 2024]
13. Lestari, K. D., dan Hendra. (2022). Postur Kerja dan Gangguan Otot Rangka Akibat Kerja Pada Juru Las. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, 8(1), 1-10.
14. Li, L. & Xu, X. (2019). A Deep Learning-Based RULA Method for Working Posture Assessment. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2019 Annual Meeting: 1090-1094*. USA: Department of Industrial & Systems Engineering North Carolina State University.
15. Murtiwardhani, Y. E. H. & Shoumi, A. B. (2020). Pengaruh Lama Aktivitas Kerja Dokter Gigi di Puskesmas Kota Malang Terhadap Tingkat Risiko Terjadinya Musculoskeletal Disorders (MSDs). *E-Prodenta Journal of Dentistry*, 4(2), 353-359.
16. Nurmianto, E. (2005). *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya Edisi Kedua*.
17. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 tentang *Penyakit Akibat Kerja*.
18. Pramestari, D. (2017). Analisis Postur Tubuh Pekerja Menggunakan Metode Ovako Work Posture Analysis System (OWAS). *IKRAITH-Teknologi*, 1(2), 22-29.
19. Putri, R. A. N., Lanita, U., Kusmawan, D., Rini, W. N. E. & Aswin, B. (2024). Identification Of Potencial Ergonomic Hazards In The Upper Body Using SNI 9011:2021. *The International of Health Journal*, 2(1), 4-33.
20. Safira, I. D., Ekawati, Kurniawan, B. (2022). Analisis Tingkat Risiko Ergonomi Terhadap Keluhan MSDs Pada Pengrajin Batik Cap di Industri Batik Domas. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 9(3), 209-304.
21. Tarwaka, Bakri, S. H. A. and Sudiajeng, L. (2004). *Buku Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas Edisi I*.
22. Wicaksono, R. A., Zulfa, K. I., Wiratmoko, A. (2024). Analisis Postur Kerja dengan Metode Nordic Body Map (NBM) dan Rapid Office Strain Assessment (ROSA) Untuk Mengurangi Risiko Cedera Pada Departemen FAC dan MIS di PT. XYZ. *Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 3(3), 123-135.

Implementasi *Lock Out* dan *Tag Out* Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

The Implementation of Lock Out – Tag Out as The Accident Prevention in PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

Aisy Rahmania¹, Alfiyan Iqbal Muzakky¹, Eka Rosanti¹, Sisca Mayang Phuspa¹

1. Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Darussalam Gontor, Ponorogo, Indonesia

***Corresponding Author : Aisy Rahmania**

Email : aisyrahmania@unida.gontor.ac.id

ABSTRAK

Prosedur pengisolasian energi atau dikenal sebagai *Lock Out Tag Out* (LOTO) bertujuan untuk mengurangi potensi bahaya yang disebabkan oleh pelepasan energi yang tidak terkontrol dari mesin yang berenergi saat melakukan perbaikan atau perawatan. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan sistem penerapan LOTO sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban berdasarkan standar OSHA. Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode kualitatif dengan mengumpulkan data melalui wawancara melalui lima informan dan observasi lapangan, serta menggunakan teknik triangulasi. Hasil penelitian ini menggambarkan bahwa seluruh prosedur LOTO ditujukan untuk mengurangi potensi bahaya akibat pelepasan energi selama proses perbaikan atau perawatan energi yang memerlukan LOTO adalah energi listrik, mekanik, panas, dan kimia. Adapun peralatan LOTO sudah hampir lengkap hanya label atau *tagging* belum memenuhi standar OSHA yakni belum terbuat dari bahan yang tahan di kondisi lingkungan kerja. Seluruh prosedur LOTO sudah diterapkan dan sesuai dengan standar OSHA sehingga tidak ada kecelakaan kerja akibat pelepasan energi yang tidak terkontrol di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban. Perusahaan perlu mengganti label dengan bahan yang lebih tahan lama dan sesuai dengan kondisi di tempat kerja.

Kata Kunci : bahaya, kecelakaan kerja, LOTO, OSHA, prosedur

ABSTRACT

The Lock Out Tag Out (LOTO) procedure, also known as the energy isolation procedure, aims to prevent work accidents caused by uncontrolled energy release during machine repair or maintenance. This research aims to describe the LOTO implementation system as an effort to prevent work accidents at PLTU Tanjung Awar-awar Tuban based on OSHA standards. This research conducted using observational study and cross sectional approach at PLTU Tanjung Awar-awar Tuban focused on implementing LOTO according to OSHA standards. The research involved interviews with five informants and field observations, as well as data validation using the triangulation technique. The study found that LOTO procedures effectively reduce hazards associated with electrical, mechanical, thermal, and chemical energy. While LOTO equipment is almost complete, the labelling or tagging does not accordance to OSHA standards because of the material is not resistant to work environment conditions. The LOTO procedures have been implemented, resulting in zero work accidents due to uncontrolled energy release. The study suggests for replacing labels with more durable materials that are suitable for the workplace conditions.

Keywords: hazards, LOTO, OSHA, procedure, work accident

PENDAHULUAN

Keselamatan kerja merupakan tanggung jawab seluruh individu di dalam perusahaan sehingga seluruh pekerja maupun masyarakat sekitar perusahaan tidak terkena dampak negatif dari proses industri. Pentingnya mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menimbulkan berbagai kerugian, seperti cedera, cacat, kerusakan harta benda, dan kerusakan lingkungan.¹ Penggunaan mesin energi dapat memberikan dampak negatif jika tidak digunakan secara hati-hati. Energi yang digunakan saat mengoperasikan mesin harus dikontrol penuh. Apabila energi tersebut gagal dikendalikan, maka energi tersebut akan menimbulkan potensi bahaya terhadap keselamatan operator dan pekerja di sekitar mesin untuk bekerja bahkan untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan, dan pemeliharaan mesin.² Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Ketenagakerjaan (BPJS Ketenagakerjaan) mencatat jumlah kecelakaan kerja di Indonesia Terdapat 347.855 kasus yang menimpa pekerja penerima upah hingga tahun 2023, sedangkan pekerja bukan penerima upah terdapat 19.921 kasus dan 2.971 kasus kecelakaan kerja pekerja konstruksi pada periode yang sama.³ Tim Nasional Perusahaan Listrik Negara (PLN) mencatat 30 kecelakaan kerja di perusahaan tersebut sepanjang tahun 2022, 14 diantaranya berakibat fatal, sebagian besar karyawan meninggal dunia akibat tersengat listrik pada jaringan tegangan rendah 220 volt dan tegangan menengah 20.000 volt.⁴ Berdasarkan hasil *Root Cause Problem Solving* (RCPS), penyebab kecelakaan kerja di PLTU Tanjung Awar-awar adalah penggunaan APD yang tidak sesuai, penggunaan mesin dan peralatan yang tidak standar, dan perintah kerja yang tidak jelas.⁵

Amerika Serikat memiliki standar khusus untuk LOTO, yang diuraikan dalam peraturan OSHA. Di Indonesia, LOTO sempat disebutkan dalam penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja. Saat ini Indonesia belum mempunyai standar yang jelas dan spesifik untuk LOTO di perusahaan. Peraturan Pemerintah Indonesia menyatakan bahwa perusahaan harus memiliki sistem penandaan mesin yang tidak aman atau tidak digunakan, dan sistem penguncian operasi dapat diterapkan untuk mencegah penggunaan dini.⁶ Sebagai upaya untuk mencegah kecelakaan, perusahaan perlu menetapkan kebijakan penguncian dan pelabelan (*Lock out*

dan Tag out). LOTO merupakan prosedur keselamatan yang sangat penting sebagai upaya perlindungan bagi pekerja dari kecelakaan kerja. Adapun peralatan yang dapat ditarapkan di dekat peralatan energi seperti Listrik, hidrolik, mekanik, dan lain sebagainya.⁷ *Shutdown* dilakukan untuk mengisolasi energi berbahaya yang ada pada peralatan atau mesin selama prosedur perbaikan atau pemeliharaan sedang dilakukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik. Peralatan dan mesin tersebut harus diberi label dengan label yang mudah dibaca yang menunjukkan bahwa peralatan dan mesin tersebut telah dikeluarkan dari bahaya dan tidak dapat dioperasikan.⁸

Prosedur LOTO yang bertujuan untuk melindungi pekerja dalam pekerjaan yang mengharuskan salah satu bagian tubuhnya berada pada posisi dimana gerakan tidak disengaja atau pelepasan energi berbahaya yang tersimpan dapat menyebabkan cedera atau penyakit.⁹ PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban mempunyai potensi bahaya yang tidak dapat diragukan lagi karena memiliki dua unit berkekuatan 350 MW yang salah satu anak perusahaan PT. PLN (Persero) bertugas melayani salah satu kebutuhan listrik di Pulau Jawa dan Bali.⁹ PLTU Tanjung Awar-Awar menggunakan air laut sebagai air umpan boiler, dimana air laut diolah terlebih dahulu pada unit pengolahan air yang bertujuan untuk menurunkan konsentrasi beberapa kontaminan agar memenuhi baku mutu air umpan boiler sehingga dapat menghasilkan Listrik.¹⁰ Indonesia sendiri mempunyai beberapa kasus terkait kecelakaan kerja pada boiler, salah satunya pada usaha kecil.¹¹ Sistem yang ada pada setiap pembangkit listrik merupakan suatu mesin berukuran besar yang mempunyai tingkat kompleksitas yang sangat tinggi. Penggunaan peralatan ataupun mesin produksi dapat menimbulkan potensi bahaya dan kecelakaan kerja, sehingga berpotensi menimbulkan sengatan listrik yang membahayakan manusia.⁹ Adanya potensi bahaya energi yang digunakan pada mesin-mesin di PLTU, maka peneliti ingin melakukan penelitian mengenai penerapan LOTO sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja yang dikaji melalui berbagai jenis energi yang memerlukan LOTO, tata cara penerapan LOTO, dan peralatan LOTO.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif untuk mengetahui penerapan *Lock out* dan *Tag out* (LOTO) di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan observasi lapangan. Pengumpulan data dilakukan pada tanggal 15 November 2023 – 15 Maret 2024 di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban, Jawa Timur, Indonesia. Informan penelitian ini berjumlah lima orang pekerja dengan kriteria sebagai berikut:

1. Merupakan staf Keselamatan dan Kesehatan Kerja di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban.
2. Mereka merupakan tenaga operator atau maintenance di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban.
3. Mereka mengetahui dan memahami kebijakan mengenai tata cara pelaksanaan LOTO di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban.
4. Mereka pernah mengikuti atau mendapatkan pelatihan terkait *Lock Out Tag Out* at PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban.
5. Mereka mampu berkomunikasi dengan baik secara lisan maupun tulisan.
6. Mereka telah mengisi dan menandatangani surat kesediaan menjadi informan Penelitian.

Seluruh data yang dikumpulkan dari observasi dan wawancara diolah dengan menggunakan teknik triangulasi sumber data yaitu melalui wawancara dan observasi lingkungan kerja. Data yang dikumpulkan terkait dengan energi berbahaya, peralatan LOTO, dan prosedur LOTO.

HASIL PENELITIAN

1. Karakteristik Informan Penelitian

Penelitian menunjukkan bahwa usia informan berkisar antara 29 – 30 tahun dengan masa kerja 2 – 10 tahun. Informan dalam penelitian ini adalah dua orang operator Izin Kerja yang bertugas mengoperasikan sistem operasi mesin, satu orang operator CHCB yang bertugas mengoperasikan mesin *jetty*, satu orang staf mekanik yang bertugas memperbaiki mesin atau alat yang rusak, dan satu orang supervisor K3 yang bertugas sebagai pengawas sebelum, selama, dan setelah pekerjaan berlangsung. Adapun data informan penelitian

ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Informan Penelitian

Informan	Usia (tahun)	Jabatan	Masa Kerja (tahun)
1. A	29	Operator izin kerja	9
2. B	30	Operator izin kerja	9
3. C	39	CHCB Operator	2
4. D	30	Staf Mekanik	9
5. E	31	Supervisor K3	10

2. Energi Berbahaya di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

Fokus pertama pada penelitian ini adalah energi berbahaya yang terdapat di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban. Data didapatkan melalui wawancara dan observasi lapangan. Adapun hasil wawancara terkait energi berbahaya selama proses produksi adalah sebagai berikut:

Informan A: "*untuk energinya, kita menggunakan energi listrik untuk menggerakkan mesin atau peralatan*" (tanggal: 20 November 2023).

Informan B: "*pada dasarnya juga terdapat energi kimia untuk campuran batubara tersebut*" (tanggal: 21 November 2023)

Informan C: "*iya kalau untuk menghidupkan mesin kita menggunakan listrik, semua orang disini menggunakan listrik untuk peralatannya*" (tanggal: 23 November, 2023)

Informan D: "*untuk energi kita menggunakan listrik pada seperti pada umumnya*" (tanggal: 24 November 2023)

Informan E: "*energi, kami menggunakan listrik untuk peralatan dan mesin di pembangkit listrik ini untuk kebutuhan produksi*" (tanggal: 24 November 2023).

Berdasarkan hasil wawancara kepada para informan, maka dapat ditarik informasi bahwa energi berbahaya utama yang terdapat di lingkungan kerja PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban adalah energi listrik. Hasil dari teknik triangulasi sumber data antara wawancara dengan observasi, didapatkan keabsahan informasi bahwa energi listrik

merupakan sumber bahaya utama di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban.

Adapun energi listrik berasal dari Turbin Generator yang dialirkan ke Sub Station yang terdapat di setiap unit PLTU. Energi listrik tersebut terbagi menjadi dua jenis, yaitu energi listrik 380 volt dan energi listrik 6,3 kilo volt. Energi listrik dikendalikan menggunakan pemecah arus di ruang pemutus. Alat ini berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus dari sumber. Pemutus dapat bertindak sebagai titik isolasi jika diperlukan untuk mengendalikan energi. Pemutus akan dimatikan *Rack Out/In* dan dipasang gembok serta label sehingga tidak dapat dihidupkan.



Gambar 1. Panel Listrik (data Primer, 2023)

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi lapangan, energi listrik di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban dapat diubah menjadi energi lain seperti energi kinetik dan mekanik. Energi Listrik digunakan untuk menggerakkan mesin atau peralatan kerja. Adapun energi panas digunakan untuk membakar batu bara dan mengoperasikan mesin uap. Mesin uap tersebut digunakan untuk menghasilkan uap sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan turbin.

Energi berbahaya lainnya yaitu energi kimia yang berbentuk cairan. Energi kimia ini dialirkan melalui sistem perpipaan. Energi kimia ada yang berbentuk cairan dan gas, contohnya natrium bisulfit, asam hidrolis, natrium hidroksida, hidrogen dan oksigen. Energi kimia ini digunakan untuk bahan campuran dalam proses produksi di PLTU yang dikontrol menggunakan katup sebagai pengatur pintu untuk membuka dan menutup energi. Katup akan berfungsi sebagai titik isolasi jika diperlukan pengendalian energi. Katup akan diposisikan pada posisi menutup aliran lalu katup dipasang dengan peralatan bulking seperti rantai. Setelah peralatan

dipasang, katup akan dikunci dan diberi label. Pelaksanaan wawancara dan observasi lapangan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa energi berbahaya yang digunakan di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban terdiri dari energi listrik dan energi kimia.



Gambar 2. Energi Kimia (Data Primer, 2023)

3. Peralatan LOTO di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

Hasil observasi di PLTU Tanjung Awar-Awar telah tersedia peralatan *Lock Out Tag Out* yang meliputi gembok, label dan peralatan *bulking* berupa rantai dan *bulking plate*. Hal ini tentunya juga disesuaikan dengan titik isolasi yang ada di unit PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban. Peralatan tersebut telah disediakan dan disimpan oleh petugas operator PTW serta pihak yang bertanggung jawab atas pemasangan dan pelepasan peralatan LOTO pada saat pekerjaan dilakukan. Menggunakan teknik triangulasi sumber data, hasil observasi didukung data wawancara kepada informan mengenai aspek peralatan LOTO.

Informan B: "Itu kami yang menyediakan dan menyimpannya, kami juga ada yang melakukan pengecekan audit terhadap peralatan LOTO tersebut, untuk pihak yang bertanggung jawab, kami memiliki staf PTW" (tanggal: 21 November 2023)

Informan C: "Ada pihak yang membawahi tim PTW. Tim PTW-nya bertanggung jawab. Tim PTW dan ada juga pendamping dari K3" (tanggal: 23 November 2023)

Informan D: "Adanya pihak yang bertanggung jawab adalah petugas PTW. Untuk pengecekan peralatan masih layak. Sesuai atau tidak, nanti dari tim PTW" (tanggal: 24 November 2023)

Informan E: "untuk peralatan LOTO itu sendiri bagian dari operator PTW mas yang

bertugas memasang dan menyimpan peralatan LOTO" (tanggal: 25 November 2023).

Adapun informasi yang dapat disimpulkan dari wawancara yaitu seluruh peralatan LOTO disimpan dan dikelola oleh Operator ijin kerja atau *permit to work* (PTW) dan staf mekanik. Hasil observasi ketersediaan dan kondisi peralatan LOTO di PLTU Tanjung Awar-Awar telah sesuai dengan kondisi lingkungan kerja yang ada. Ketersediaan peralatan LOTO tersebut telah diatur dalam dokumen standar dari LOTO IK PT. PLN Nusantara. Tabel 2 menunjukkan hasil observasi kondisi peralatan LOTO di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban.

Tabel 2. Kondisi Peralatan LOTO

Jenis Alat	Tahan Lama	Standar	Substansial	Dapat Diidentifikasi
1. Label	–	√	√	√
2. Padlock	√	√	√	√
3. Chain	√	√	√	√
4. Bulking Plate	√	√	√	√

Tabel 2 menunjukkan bahwa 75% dari jenis peralatan LOTO kondisi peralatan LOTO telah sesuai standar OSHA 1910.147. Hanya label yang belum sesuai dengan standar OSHA 1910.147. Ketidaksesuaian tersebut dikarenakan label terbuat dari bahan yang tidak tahan lama, yaitu kertas. Bahan kertas dinilai belum memenuhi standar dikarenakan sifatnya yang tidak tahan lama dan tidak tahan di berbagai kondisi lingkungan kerja.

4. Prosedur LOTO di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

Aspek ketiga yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah prosedur penerapan LOTO. Hasil pengumpulan data dilakukan dengan teknik triangulasi sumber data melalui wawancara dan observasi lapangan. Adapun data tentang prosedur LOTO dikumpulkan dari wawancara di bawah ini.

Informan A: *"jika penerapannya sendiri untuk memenuhi peraturan dan karena semua proses yang kami lakukan disini semua menggunakan mesin, dan mungkin ada perawatannya, maka perlu adanya prosedur untuk mengaturnya*

agar tidak terjadi kecelakaan akibat proses perbaikan atau pemeliharaan" (tanggal: 20 November 2023)

Informan B: *"Tujuannya agar kami memenuhi standar peraturan yang ada serta upaya kami untuk menjaga keselamatan seluruh pekerja di sini, terutama ketika terjadi pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan" (tanggal: 21 November 2023)*

Informan C: *"Latar belakang disini yang pertama dari K3 yaitu keselamatan terhadap tenaga listrik, sehingga setiap pekerja disini harus memahami konsep atau prinsip K3 secara mendasar. Pokoknya sekarang untuk keselamatan, keselamatan diri atau perlengkapan dan lingkungan sekitar" (tanggal: 23 November 2023)*

Hasil wawancara memberikan informasi bahwa prosedur LOTO dilakukan dengan baik. Penerapan LOTO yang sesuai prosedur menjadi aspek pemenuhan terhadap peraturan keselamatan kerja. Adapun tujuan penerapan prosedur LOTO adalah untuk menjamin keselamatan pekerja, peralatan dan lingkungan kerja.

Data terkait prosedur penerapan LOTO yang didapat dari wawancara didukung oleh data observasi. Berdasarkan dokumen Instruksi Kerja di PT PLN Nusantara Power Tanjung Awar-awar Tuban tertulis bahwa tujuan dilaksanakannya LOTO adalah upaya pengendalian energi. Penerapan LOTO di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban adalah melindungi pekerja yang sedang bekerja di sekitar mesin atau peralatan produksi yang sedang diperbaiki. Perlindungan ini dilakukan dengan mengisolasi energi berbahaya, mengunci, memastikan keselamatan dan memberi label pada sumber energi yang dapat menyebabkan kecelakaan. Prosedur ini disusun pada tahun 2015 dan diperbarui pada tahun 2023 serta segala ketentuan terkait pelaksanaan LOTO di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban meliputi tujuan penerapan LOTO, ruang lingkup, dokumen pendukung, ketentuan, dan tata cara pemasangan LOTO.

Informan B: *"Untuk prosedur itu ada kendala, di sini kita punya semuanya, namanya IK atau instruksi kerja, jadi semua prosedur kerja di sini harian, yang kemungkinan terjadi*

pekerjaan rutin". (tanggal: 21 November 2023)

Informan C: "*Untuk prosedur itu terdapat dokumentasi terkait dokumen atau dokumen yang berkaitan dengan prosedur togel*" (tanggal: 23 November 2023)

Informan D: "*Untuk tata cara itu ada dokumentasi terkait dokumen atau dokumen yang berkaitan dengan tata cara togel, namanya IK, itu instruksi kerja*". (24 November 2023)

Informasi tambahan terkait prosedur LOTO juga didapatkan melalui wawancara. Informan memberikan pernyataan bahwa prosedur LOTO sudah tertera juga dalam setiap Intruksi Kerja (IK) yang berjalan dalam pekerjaan harian.

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa prosedur pemasangan *Lock Out Tag Out* pada PLTU Tanjung Awar-Awar tidak semuanya terlaksana yaitu penggunaan pengait pengaman. Adapun kekurangan tersebut diganti dengan perlengkapan yang sesuai dengan jenis alat yang akan digembok yaitu rantai dan panel pengunci besi. Prosedur pemasangan LOTO sudah banyak dilakukan dengan bukti formulir ijin kerja pada dokumen IK PT. PLN Nusantara Power, meliputi aplikasi servis atau pemeliharaan, *Job Safety Observation* (JSO), *Work Order* (WO), *Safety Permit* ataupun Izin Kerja.

Adapun isi IK di PLN Nusantara Power Up Tanjung Awar-Awar Tuban mempunyai formulir yang berisi tata cara pemasangan dan pelepasan *Lock Out Tag Out*, surat penunjukan supervisor, tata cara kerja, penggunaan alat pelindung diri (APD), pemeriksaan pra-kerja, formulir izin kerja, dan formulir sepulang kerja atau kliring. Seluruh prosedur *Lock Out Tag Out* telah dilakukan namun belum semua peraturan OSHA dijalankan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Tanjung Awar-Awar, termasuk tidak menggunakan LOTO Group, namun jika ada pekerjaan secara berkelompok maka akan diberikan pekerjaan masing-masing operator kunci untuk peralatan *bulking*. Tata cara pengendalian energi diatur dalam LOTO IK PT. PLN Nusantara Power Up Tanjung Awar-Awar Tuban memiliki tahapan yaitu: persiapan, pelaksanaan, dan tindakan akhir.

Prosedur LOTO yang diterapkan di Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Tanjung Awar-awar Tuban dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja akibat pelepasan energi yang

tidak terkendali pada saat melakukan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan, hal ini berdasarkan penjelasan dari informan.

Informan A: "*Kalau itu belum pernah terjadi mas karena dari awal kita sudah menerapkan prosedur ini*" (tanggal: 20 November 2023)

Informan B: "*Sampai saat ini alhamdulillah tidak pernah terjadi kecelakaan karena prosedur LOTO tersebut. Kami sudah mempunyai penerapan LOTO dan sesuai dengan standar yang ada di Indonesia*" (tanggal: 21 November 2023)

Informan C: "*Sejauh ini Alhamdulillah masih belum ada. Tidak ada kejadian pelepasan energi yang tidak terkendali, kami tetap sesuai prosedur K3*" (tanggal: 23 November 2023)

Informan D: "*Alhamdulillah masih tidak terjadi kecelakaan karena kami menerapkan prosedur LOTO sesuai IK yang ada*" (tanggal: 24 November 2023)

Informan E: "*Untuk kegagalan pengendalian energi alhamdulillah belum pernah terjadi karena kami berkomitmen menerapkan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja salah satunya LOTO*" (tanggal: 24 November 2023).

Informasi yang dapat ditarik dari wawancara kepada informan terkait kecelakaan kerja yaitu belum pernah ada kecelakaan kerja di lingkungan PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban selama prosedur LOTO diterapkan.

PEMBAHASAN

1. Energi Berbahaya di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban merupakan pusat pembangkit listrik di Pulau Jawa dan Bali. Perusahaan bertanggung jawab untuk menyuplai listrik ke gardu induk di wilayah Jawa dan Bali. Di lingkungan kerja PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban terdapat beberapa energi yang berpotensi menyebabkan kecelakaan bagi pekerja pemeliharaan atau perbaikan. Berdasarkan hasil wawancara dan observasi ditemukan energi utama yang berbahaya yaitu energi listrik. Adapun energi lain yang menyertai adalah mekanik, panas, dan bahan kimia. Listrik dengan tegangan tinggi dapat menyebabkan luka bakar bahkan kematian jika dihubungkan dengan kabel atau peralatan. Benda mekanis yang bergerak secara terus-menerus dapat menyebabkan cedera

bahkan kematian jika disentuh secara langsung maupun tidak langsung. Panas yang dihasilkan melalui pembakaran batubara dapat menyebabkan ledakan dan cedera jika dilepaskan melalui pipa. Bahan kimia seperti natrium bisulfat, asam hidrolik, natrium hidroksida, dan hidrogen dapat menyebabkan iritasi maupun keracunan.¹²

Salah satu cara menghindari bahaya di lingkungan PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban, pekerja harus mengikuti prosedur keselamatan, termasuk prosedur LOTO. Hal tersebut untuk memastikan semua sumber energi berbahaya terputus atau terkunci. Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Tanjung Awar-awar menerapkan prosedur pengendalian energi untuk mencegah kecelakaan kerja, sejalan dengan peraturan OSHA 1910.147 yang mengamankan penggunaan prosedur pengendalian energi di tempat kerja yang mengandung energi berbahaya. Penelitian terdahulu di PT. Industri Perkapalan Indonesia (Persero) Makassar mengungkapkan adanya energi berbahaya, antara lain sumber energi listrik, mekanik, potensial, dan gas yang digunakan pada unit kerja produksi seperti obor pemotong, mesin bor, dan mesin penarik kapal, yang berkontribusi terhadap proses produksi.¹³ Energi di tempat kerja, termasuk listrik, mekanik, kimia, dan termal, harus dikontrol untuk mengoptimalkan kinerja alat, karena penggunaan yang tidak tepat dapat menyebabkan potensi bahaya dan kecelakaan.¹⁴

2. Peralatan LOTO di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

Hasil pelaksanaan triangulasi data melalui wawancara dan observasi menunjukkan bahwa seluruh peralatan LOTO di PLTU Tanjung Awar-awar memenuhi standar OSHA, kecuali label yang berbahan kertas. Peralatan LOTO lainnya, seperti gembok dan pelat *bulking*, memenuhi standar OSHA untuk daya tahan, standarisasi, substansialitas, dan identifikasi. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa label yang kurang baik adalah yang terbuat dari kertas. Label tersebut tidak tahan di segala kondisi lingkungan kerja dan mudah rusak. Seperti halnya yang diterapkan di Pabrik III PT Petrokimia Gresik.⁷ Adapun kriteria label berdasarkan OSHA 1910.147 yaitu: tahan lama, terstandarisasi secara bentuk, warna, dan

ukuran, dapat diidentifikasi dengan mudah (termasuk mudah dibaca oleh seluruh pekerja), tidak mudah dipindah ataupun dipotong secara sengaja ataupun tidak.

Penelitian yang dilakukan di Pabrik III PT Petrokimia Gresik mengungkapkan bahwa digunakan peralatan penumbuk langsung dan tidak langsung, termasuk *lock out gate valve* dan pengait pengaman.⁷ Perangkat isolasi energi, seperti pemutus arus, sakelar pemutus, katup saluran, blok, dan gembok, sangat penting dalam mencegah transmisi atau pelepasan energi berbahaya.¹⁵ Pelabelan atau penandaan berupa label yang berisi keterangan bahwa peralatan tersebut tidak boleh digunakan dan dalam kondisi perbaikan.¹⁶

3. Prosedur LOTO di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

Peraturan OSHA 1910.147 menguraikan penggunaan LOTO sebagai prosedur keselamatan untuk mengisolasi mesin selama perbaikan atau pemeliharaan untuk mencegah cedera atau kecelakaan yang disebabkan oleh pelepasan energi yang tersimpan.¹⁸ Hal ini sangat relevan dengan hasil triangulasi data yang dilakukan melalui wawancara dan observasi lapangan bahwa di PLTU Tanjung Awar-Awar menerapkan prosedur LOTO untuk mengendalikan energi dan mengurangi potensi bahaya selama proses perbaikan atau pemeliharaan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa prosedur LOTO diterapkan di industri untuk melindungi karyawan dari pelepasan energi berbahaya yang tidak terduga dari peralatan selama aktivitas servis atau pemeliharaan. Prosedur ini memastikan bahwa mesin berbahaya ditandai dengan benar dan dimatikan hingga pekerjaan pemeliharaan selesai, sehingga memastikan pengendalian energi berbahaya.¹⁷

LOTO dianggap sebagai penguncian positif, memerlukan kunci untuk membukanya.¹⁷ OSHA 1910.147 menyatakan bahwa langkah-langkah dalam prosedur pengendalian energi meliputi berbagai tindakan yang harus dilakukan secara berurutan. Adapun urutan prosedur tersebut yaitu: persiapan mematikan mesin atau peralatan; mematikan mesin atau peralatan dengan cara yang benar (*shutdown*); mengisolasi mesin atau peralatan dari sumber energi; memasang peralatan LOTO; mengontrol energi yang tersimpan;

melakukan verifikasi energi.¹⁸ Prosedur tersebut mengharuskan setiap pekerja harus melalui tahapan tindakan aman (*safe action*) sebagai bentuk pencegahan kecelakaan.¹⁹

Berbeda dengan peraturan OSHA yang tidak menggunakan pengait pengaman jika gembok tidak bisa langsung dipasang, dan tidak menggunakan group LOTO. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Isnaini, 2012, di PT. GE Lighting Yogyakarta yaitu Kesehatan dan keselamatan Lingkungan telah menetapkan bahwa prosedur pelaksanaan isolasi yang tertuang dalam kerangka kesehatan dan keselamatan pelaksanaan LOTO telah sesuai dengan prosedur. Ruang lingkup standar ini adalah perbaikan atau pemeliharaan mesin, penyuluhan, pengawasan, penanggung jawab dan pelatihan LOTO.²⁰ Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Tanjung Awar-awar telah menerapkan prosedur pengendalian energi sejak tahun 2015, diperbarui pada tahun 2023, sesuai dengan peraturan OSHA 1910.147 dan 29 CFR 1910.147. Hasil wawancara dengan informan menunjukkan tidak ada kecelakaan kerja yang disebabkan oleh pelepasan energi yang tidak terkendali.

OSHA 1910.147 mengamanatkan bahwa pekerja yang memiliki pengetahuan tentang energi berbahaya, jenis energi di tempat kerja, dan metode isolasi energi berwenang untuk memasang peralatan LOTO. PLTU Tanjung Awar-awar memberi wewenang kepada petugas PTW untuk memasang peralatan LOTO. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pihak keselamatan yang bertanggung jawab menyediakan peralatan LOTO akan diserahkan kepada unit produksi dan pemeliharaan, yang selanjutnya bertanggung jawab atas pemasangan dan pelepasan.¹⁴ Menurut peraturan OSHA, peralatan LOTO harus memiliki daya tahan tinggi, terstandarisasi, kokoh, dan dapat diidentifikasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat energi listrik, energi kimia, dan energi panas di lingkungan PLTU Tanjung Awar-awar Tuban. Penerapan LOTO telah sesuai standar OSHA 1910.147. Peralatan LOTO di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban meliputi gembok, label, dan peralatan bulking seperti plat *bulking* dan rantai. Kondisi label memenuhi persyaratan substansi, standar, dan dapat diidentifikasi oleh pihak yang memasang.

Gembok dan penanda (*tag*) yang digunakan memenuhi persyaratan peraturan OSHA 1910.147, namun belum terbuat dari bahan yang tahan lama dan kokoh di segala kondisi lingkungan kerja.

Berdasarkan hasil penelitian mengenai gambaran implementasi *Lock Out Tag Out* (LOTO) di PLTU Tanjung Awar-awar Tuban, maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah sebagai berikut: Perusahaan sebaiknya mengadakan peralatan penggembokan berupa *safety hasp* dan *valve lock out* untuk penguncian pada *valve*, serta mengganti bahan label dengan bahan dasar yang lebih tahan lama agar tidak mudah rusak dan tahan di segala kondisi tempat kerja. Peneliti selanjutnya perlu mengalisis nilai dari risiko potensi bahaya terutama energi berbahaya yang ada di tempat kerja dan/atau mengembangkan penelitian yang serupa dengan menggunakan *mixed method*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PLTU Tanjung Awar-awar Tuban yang telah memberikan izin untuk peneliti melakukan pengambilan data. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang terlibat dan membantu berjalannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tarwaka. (2017). Keselamatan Dan Kesehatan Kerja “Manajemen Dan Implementasi K3 Di Tempat Kerja” (II). Harapan Press.
2. Zebua, E. S. (2018). Evaluasi Penerapan Lock Out Tag Out di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi [Thesis]. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. <https://e-journal.uajy.ac.id/14101/1/TI072110.pdf>
3. Kementerian Ketenagakerjaan. (2023). Kecelakaan Kerja dan Penyakit Akibat Kerja s.d. Semester II Tahun 2023. Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. <https://satudata.kemnaker.go.id/data/kumpulan-data/1716>
4. Chandra, D. (2023). Catatan K3 di PLN 2022, 14 Pekerja Tewas dari 30 Kasus Kecelakaan Kerja. <https://www.koranperdjoeangan.com/catatank3-di-pln-2022-14-pekerja-tewas-dari-30-kasus-kecelakaan-kerja/>

5. Rohimi, D. H. (2021). Penerapan Job Safety Analysis di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban Tahun 2021 [Thesis]. Poltekkes Kemenkes Surabaya. <http://repo.poltekkesdepkes-sby.ac.id/3799/>
6. Hapsari, A., & Ardyanto, Y. D. (2014). Analisis Faktor Yang Berhubungan Dengan Penerapan Lock Out Tag Out (Loto) Pada Mekanik Di Plant Department. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 3(1), 1–13.
7. Setyobudi, D., Hartanti, R. I., & Ma'rufi, I. (2015). Analisis Penerapan Lockout/Tagout (LOTO) sebagai Upaya Pengendalian Energi di Pabrik III PT Petrokimia Gresik (Berdasarkan OSHA 29 CFR 1910.147 dan OSHA 3120). Universitas Jember, 1–8.
8. Kusnendar, Y. K. (2009). Sistem Implementasi Emergency Response and Preparedness sebagai Upaya Pengendalian Kondisi Darurat di PT. Seamless Pipe Indonesia Jaya Cilegon Banten (pp. 1–65) [Thesis]. Universitas Sebelas Maret. <https://core.ac.uk/download/pdf/12349863.pdf>
9. Hidayatullah, R., & Muliatna, I. M. (2017). Study Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) sebagai Identifikasi Bahaya dan Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja di PT. PJB O dan M Tanjung Awar-Awar. *JPTM*, 6(2), 116–123.
10. Rahmadhani, N., Prayitno, P., & Aji, Y. (2020). Penentuan Jumlah Panas Dan Air Pendingin Pada Condensor Di Pltu Tanjung Awar – Awar. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 328–333. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.97>
11. Ramadhani, S. (2022). Analisis Potensi Bahaya pada Bagian Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Menggunakan HIRARC di PT. Indonesia Power Kabupaten Barru (pp. 1–135) [Thesis]. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. https://repository.uin-alauddin.ac.id/21996/1/SUCI%20RAMADHANI_70200117100.pdf
12. Nadillah, S., Nuraeni, S., & Oktorida, R. (2022). Pentingnya Memahami Bahaya Bahan Kimia Serta Hubungannya Dengan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Di Laboratorium. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*, 7(1), 15–22. <https://doi.org/10.51544/jalm.v7i1.2430>
13. Kadir, R. (2021). Penerapan Lock Out Tag Out pada Program Kesehatan dan Kesehatan Kerja (K3) di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar (pp. 1–140) [Thesis]. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. https://repository.uin-alauddin.ac.id/21222/1/RASDIANA%20KADIR_70200117095.pdf
14. Sagita, I., & Suwandi, W. (2021). Sistem Penerapan Lock Out Tag Out sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja pada Pekerja di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang Tahun 2019. *Jurnal Kesehatan Bina Husada*, 13(4), 128–135.
15. Karimi, B. (2019). Understanding the Control of Hazardous Energies on Machinery: Using Lockout and Alternative Methods in Organizations and Developing a Self- Audit Tool (pp. 1–172). *POLYTECHNIQUE MONTRÉAL*. https://publications.polymtl.ca/4068/1/2019_Benjamin_Karimi.pdf
16. Guner, S. (2023). Importance of Electrical Single Line at Lock Out Tag Out (LOTO) Applications. *Open Journal of Safety Science and Technology*, 13(03), 152–170. <https://doi.org/10.4236/ojsst.2023.133008>
17. Illankoon, P., Manathunge, Y., Tretten, P., Abeysekara, J., & Singh, S. (2019). Lockout and Tagout in a Manufacturing Setting from a Situation Awareness Perspective. *Safety*, 5(2), 25. <https://doi.org/10.3390/safety5020025>
18. OSHA. (1990). Typical Minimal Lockout Procedure (1910.147). *Occupational Safety and Health Standards*. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147AppA>
19. Utami, S. A. (2021). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Tindakan Tidak Aman (Unsafe Action) Pada Pekerja Bagian Produksi Tambang Pt. Arteria Daya Mulia Kota Cirebon Tahun 2021. *Journal of Health Research Science*, 1(02), 83–89. <https://doi.org/10.34305/jhrs.v1i02.368>

20. Isnaini. (2012). Implementasi Lock Out Tag Out (LOTO) sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja di PT. Ge Lighting Indonesia, Yogyakarta (pp. 1–72) [Thesis].
<https://digilib.uns.ac.id/dokumen/download/25445/NTQwNjc=/Implementasi-Lock-Out-Tag-Out-Loto-Sebagai-Upaya-Pencegahan-Kecelakaan-Kerja-abstrak.pdf>

Analisis Bibliometrik Perkembangan Penelitian Perubahan Iklim dan Kesehatan

Bibliometric Analysis of the Development in Climate Change and Health Research

Putri Nilam Sari

Departemen Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

***Corresponding Author : Putri Nilam Sari**

Email : nilam@ph.unand.ac.id

ABSTRAK

Kerentanan masalah kesehatan yang sensitif terhadap perubahan iklim semakin meningkat, akibat banyaknya aktifitas antropogenik yang menghasilkan gas rumah kaca. Analisis perkembangan publikasi diperlukan untuk menganalisis tren studi perubahan iklim dan kesehatan di dunia, tema-tema hangat yang sering dibahas, serta menemukan kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut. Penelitian dilakukan dengan mengeksplorasi dokumen bertema "kesehatan dan perubahan iklim" yang dipublikasikan pada artikel ilmiah terindeks Scopus dimana kegiatan pemetaan data bibliometrik dianalisis menggunakan software VOSviewer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan publikasi yang signifikan mulai tahun 2000 pada artikel jurnal, dimana paling banyak dipublikasikan oleh peneliti di bidang ilmu lingkungan. Amerika Serikat, Britania Raya dan Tiongkok merupakan negara terbanyak yang mempublikasikan tema ini secara berturut-turut. Dari 33.169 artikel yang diekstrak dari database Scopus, terdapat lima kluster kata kunci yang paling relevan mewakili tema penelitian yaitu kesehatan masyarakat, variabel lingkungan, temperatur, cuaca serta risiko iklim. Semua kata kunci terkait kesehatan berhubungan dengan suhu dan kualitas udara, dimana tema yang paling banyak dibahas dalam dua tahun terakhir adalah epidemiologi, temperatur, risiko kesehatan dan anak. Di Indonesia, penelitian yang paling banyak dipublikasikan adalah DBD. Mengingat kesehatan adalah sektor yang sangat rentan akibat perubahan iklim, kondisi ini mengindikasikan perlunya studi yang lebih mendalam mengenai penyakit sensitif iklim lainnya. Untuk itu, sektor kesehatan dapat bekerjasama lintas sektoral dan lintas disiplin ilmu agar kajian yang dilakukan lebih komprehensif dan tepat sasaran untuk memitigasi risiko masalah kesehatan terkait iklim pada masa yang akan datang.

Kata Kunci : Perubahan iklim, kesehatan, analisis bibliometrik

ABSTRACT

Because of all the anthropogenic activities which produce greenhouse gases, health problems that are sensitive to climate change are becoming more vulnerable. Analysis of publication developments is required to identify research gaps that need more investigation, as well as to examine how health and climate change studies have developed globally. The study explored the "health and climate change" documents published in indexed Scopus scientific articles where VOSviewer software was used to assess bibliometric data mapping. The health and climate research subject is represented by the five most pertinent keyword clusters out of 33,169 articles that were retrieved from the Scopus database: public health, environmental variables, temperature, weather factors, and climate risk. All health-related keywords are related to rising temperatures and air quality, and the themes most discussed in the last two years are epidemiology, temperature, health risks, and children. Dengue fever research has been published more frequently in Indonesia. A deeper investigation of other climate-sensitive diseases is required, as health is most vulnerable to climate change. The health sector could collaborate with other sectors and disciplines to ensure more comprehensive and precise studies to reduce the risk of future health issues associated with climate change.

Keywords: Climate change, Health, Bibliometric analysis

PENDAHULUAN

Peristiwa dan kejadian yang dipengaruhi oleh perubahan iklim terus meningkatkan risiko morbiditas dan mortalitas yang signifikan dan diproyeksikan akan meningkat seiring dengan semakin banyaknya aktivitas antropogenik yang menghasilkan gas rumah kaca (1). Berbagai fenomena cuaca ekstrem juga menyebabkan masalah kesehatan seperti pencemaran udara dari kebakaran hutan, pencemaran air dari banjir, cedera, malnutrisi kronis akibat gangguan produksi pangan serta berisiko meningkatkan infeksi. Perubahan iklim juga meningkatkan penyebaran penyakit menular sehingga meningkatkan risiko pandemi (2).

Berbagai upaya tengah dilakukan di berbagai negara untuk menciptakan sistem kesehatan yang tangguh dengan memasukan program penanganan perubahan iklim ke dalam kebijakan kesehatan berupa penyediaan infrastruktur tangguh iklim dan peningkatan penyediaan layanan kesehatan serta kapasitas sumber daya kesehatan yang mampu menanggulangi masalah kesehatan berbasis iklim (3). Pada *Conference of the Parties* 28 (COP-28) UNFCCC di Dubai, UEA, Indonesia telah berkomitmen untuk melakukan transformasi sistem kesehatan agar tangguh terhadap iklim, rendah karbon, berkelanjutan, dan adil, serta untuk lebih mempersiapkan masyarakat dan populasi paling rentan terhadap dampak perubahan iklim (4). Walaupun status kesehatan masyarakat di Indonesia secara umum semakin membaik dalam beberapa dekade terakhir, terjadi peningkatan kerentanan masalah kesehatan yang sensitif iklim (5).

Oleh karena itu, diperlukan studi yang lebih tepat sasaran terutama pada tema-tema yang sama sekali masih belum dibahas secara mendalam. Hal ini bertujuan agar tidak ada isu kesehatan yang terabaikan dan memitigasi risiko kesehatan yang bisa saja muncul di masa depan. Analisis perkembangan publikasi dengan eksplorasi bibliometrik dilakukan untuk membantu mengidentifikasi kajian perubahan iklim dan kesehatan di dunia, tema-tema hangat yang sering dibahas, serta menemukan kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi salah satu dasar dalam

pengembangan studi terkait isu iklim dan kesehatan yang lebih mendalam dan spesifik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode bibliometrik dimana teknik ini menggunakan analisis statistik untuk mengeksplorasi data ilmiah yang mengungkap topik penelitian beserta terobosan yang dihasilkan. Analisis bibliometrik dapat mengurai dan menyajikan data yang lebih rinci, mudah diakses, dan komprehensif (6,7).

Data artikel yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari penelitian yang dipublikasikan pada artikel ilmiah terindeks Scopus. *Database* Scopus dipilih untuk dianalisis lebih lanjut dalam studi ini disebabkan karena memiliki basis data jurnal yang lebih luas daripada database lainnya, memiliki sitasi terbanyak dan tidak terdapat artikel duplikat (8). *Scopus* lebih unggul daripada *PubMed/MEDLINE*, dimana *database* ini lebih banyak mempublikasikan studi di bidang medis sehingga hasil pencarian dari *database* ini masih kurang relevan untuk studi lintas bidang ilmu, khususnya mengenai kesehatan dan perubahan iklim. Begitu juga dengan *Web of Science* dan *ScienceDirect*, dimana *database* ini memiliki cakupan dan sitasi yang lebih sedikit daripada *Scopus* (9,10).

Publikasi yang dianalisis dibatasi pada artikel penelitian yang diterbitkan di jurnal dan prosiding konferensi ilmiah. Kumpulan kata yang dimasukkan dalam pencarian lanjutan untuk judul artikel, abstrak, dan kata kunci yang terkait dengan perubahan iklim dan kesehatan adalah: TITLE-ABS-KEY(climate AND change AND health) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE,"cp")). Data yang diperoleh kemudian di *export* dalam format *comma-separated value* (*.csv) dengan mengikutsertakan informasi yang relevan berupa *Authors*, *Author full names*, *Author(s) ID*, *Title*, *Year*, *Source title*, *Volume*, *Issue*, *Art. No.*, *DOI*, *Abstract*, *Keywords*, *Publisher*, serta beberapa informasi relevan lainnya.

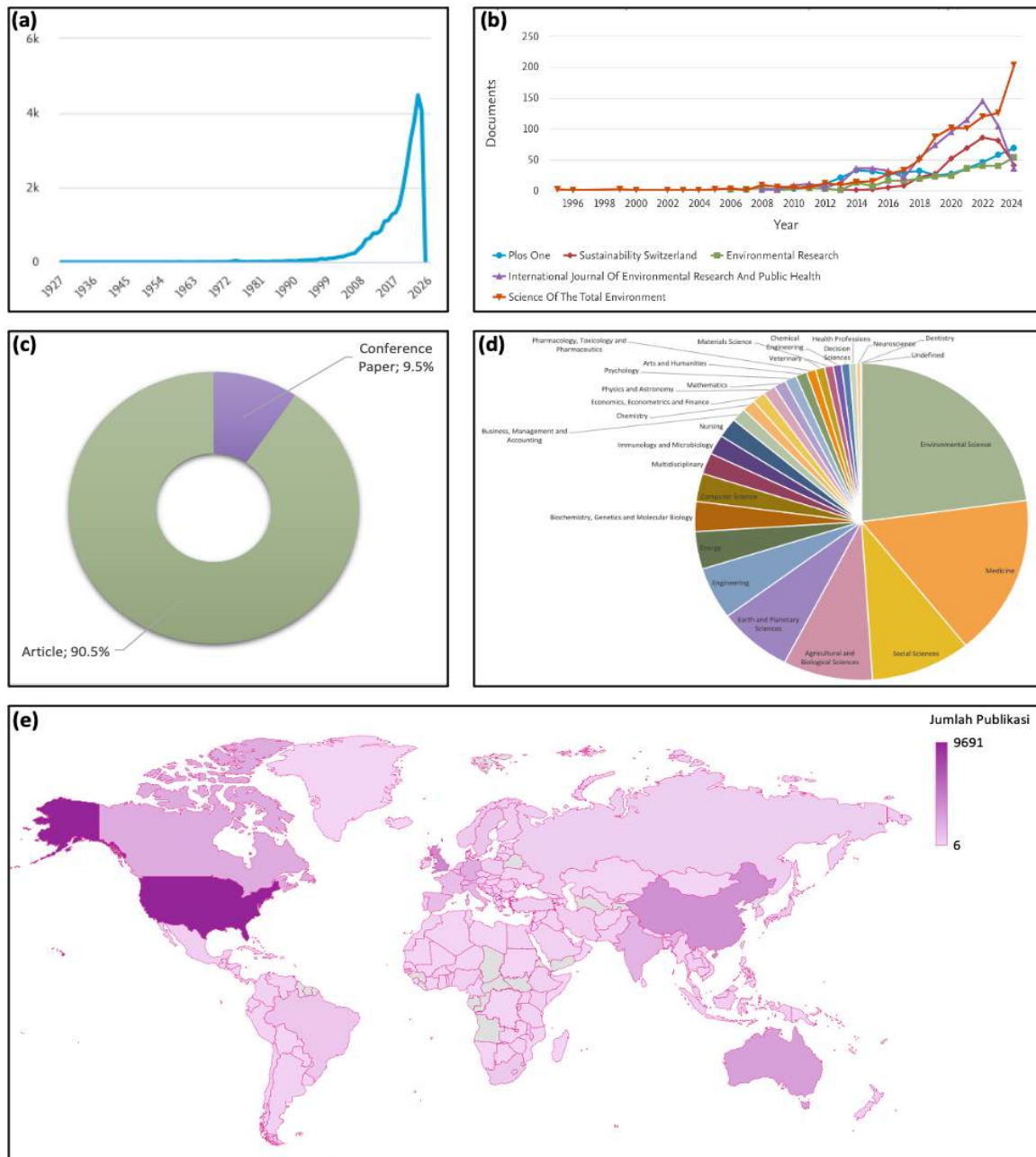
Dua kegiatan analisis yang dilakukan adalah analisis perkembangan publikasi terkait perubahan iklim dan kesehatan dan perkembangan publikasi berdasarkan kata kunci dari database Scopus yang telah di *export* sebelumnya. Analisis pemetaan data publikasi

bibliometrik dilakukan dengan menggunakan aplikasi VOSviewer. VOSviewer merupakan aplikasi perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman Java untuk memvisualisasikan dan mengevaluasi tren menggunakan peta bibliometrik berdasarkan kemunculan kata kunci dengan tiga variasi publikasi pemetaan, yaitu visualisasi jaringan, visualisasi kepadatan, dan visualisasi *overlay* berdasarkan jaringan antara item yang ada (11).

HASIL PENELITIAN

1. Perkembangan Publikasi

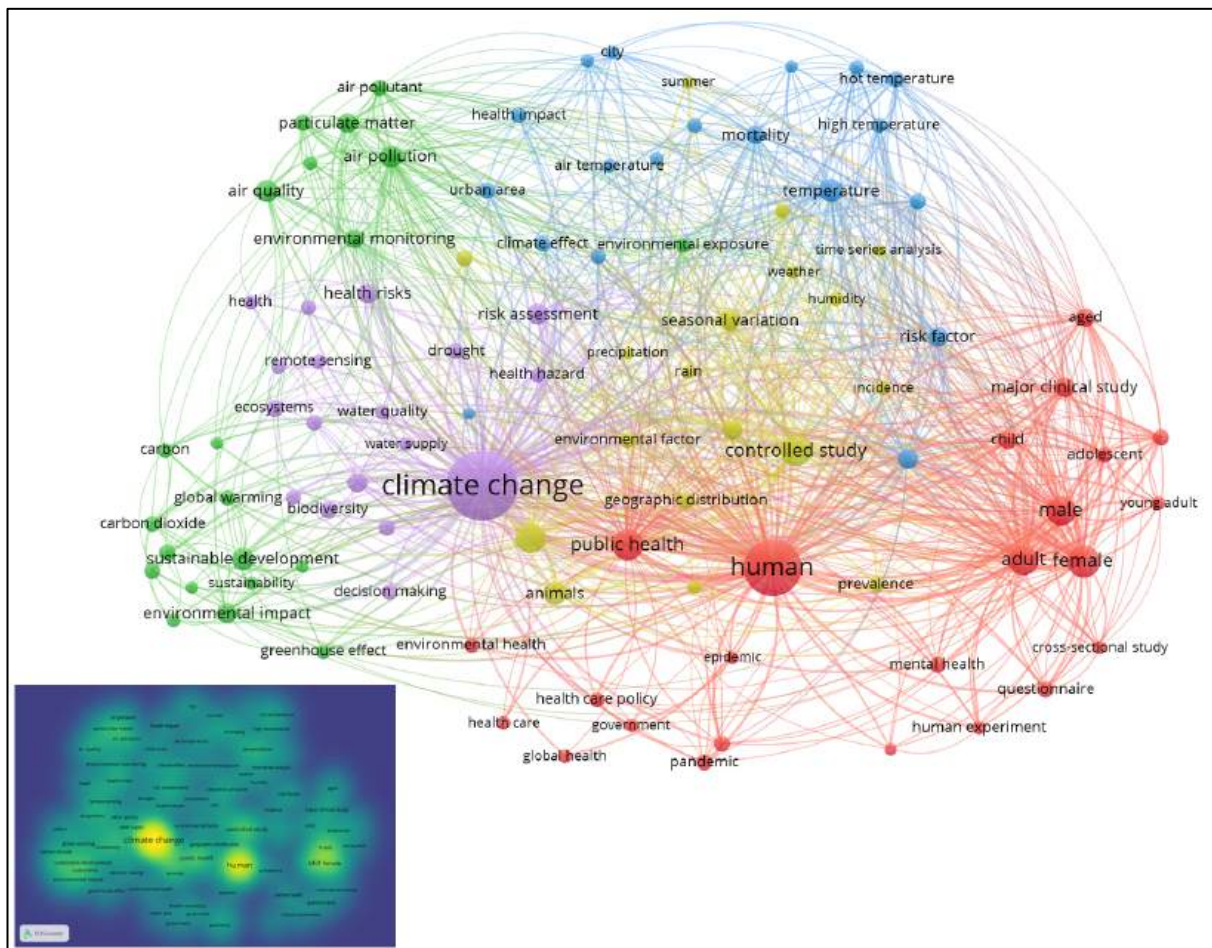
Artikel ini mengeksplorasi publikasi ilmiah terindeks scopus terkait perubahan iklim dan kesehatan sebanyak 33.169 dokumen sejak tahun 1927 hingga tanggal pencarian dokumen 15 September 2024.



Gambar 1. Perkembangan Publikasi Perubahan Iklim dan Kesehatan
(a) Jumlah Artikel per Tahun; (b) Jumlah Artikel per Tahun Berdasarkan Sumber; (c) Tipe Artikel; (d) Tipe Artikel Menurut Bidang Ilmu; (e) Jumlah Artikel Berdasarkan Negara

Hasil analisis menunjukkan jumlah dokumen yang diterbitkan mengalami peningkatan yang signifikan mulai tahun 2000 (103 artikel) hingga 2023 (4.487 artikel) (Gambar 1.(a)). Mayoritas artikel dipublikasikan pada jurnal *Science of The Total Environment* dengan publikasi terbanyak terdapat pada tahun 2024 yaitu 206 artikel (Gambar 1.(b)). Sebanyak 90,5% (30.012 artikel) merupakan artikel penelitian yang dipublikasi pada jurnal, sedangkan 9,5% (3.157

artikel) berasal dari prosiding konferensi ilmiah (Gambar 1.(c)). Adapun tiga bidang ilmu teratas yang paling banyak melakukan penelitian terkait perubahan iklim dan kesehatan adalah *Environmental Science* (13.326 artikel), *Medicine* (9.577 artikel) dan *Social Science* (5.656 artikel) (Gambar 1.(d)). Publikasi terbanyak berasal dari negara Amerika Serikat (9.691 artikel), diikuti dengan Britania Raya (4.050 artikel) dan Tiongkok (3.716 artikel) (Gambar 1.(e)).



Gambar 2. Analisis jaringan berupa visualisasi kepadatan dan tren kata kunci

2. Peta Jaringan Publikasi Berdasarkan Kata Kunci

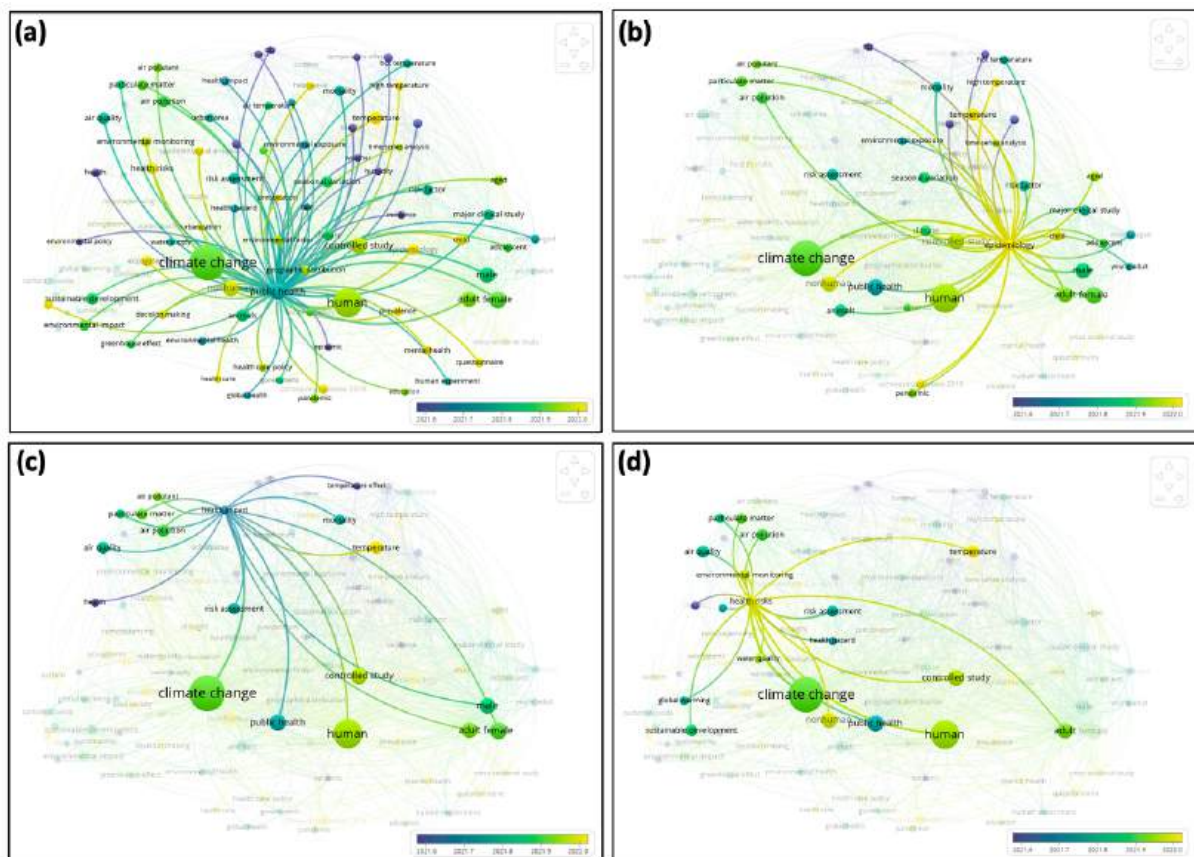
Dari analisis kekuatan *co-occurrence* kata kunci yang diekstrak dari *database* Scopus terpilih 100 kata kunci terbanyak yang paling relevan untuk menganalisis lebih lanjut perkembangan publikasi. Peta menunjukkan lima kelompok yang mewakili lima tema penelitian (Gambar 2).

Node dengan warna yang sama mewakili kelompok istilah terkait. Kelompok pertama (24 item) yang diwakili oleh lingkaran berwarna merah mencakup istilah-istilah, seperti *public health*, *human*, *adult*, *female*, *male* dan *child*. Kelompok kedua mengelompokkan 21 lingkaran hijau dengan kata kunci seperti *air quality*, *air pollution*, *environmental monitoring*, *sustainable development*, dan *environmental impact*.

Kelompok ketiga yang diwakili oleh lingkaran berwarna biru mencakup 19 item, seperti *temperature*, *mortality* dan *health impact*. Kelompok keempat (dengan 18 lingkaran berwarna kuning) menyoroti kata-kata kunci *controlled study*, *non human*, dan *animals*. Kelompok terakhir yang diwakili oleh 18 lingkaran berwarna ungu mencakup istilah-istilah *climate change*, *health risk* dan *health hazard*. Hasil analisis visualisasi kepadatan menunjukkan area utama dalam jaringan bibliometrik yang ditandai dengan warna lebih kuning yaitu *climate change* dan *human*.

Untuk mengetahui lebih detail mengenai publikasi topik kesehatan yang berkaitan dengan fenomena perubahan iklim dapat dilihat pada visualisasi *overlay* (Gambar 3). Lingkaran paling kuning merupakan kata kunci yang paling baru ditemukan pada publikasi terkait. Kata kunci *public health* memiliki keterkaitan yang paling banyak dengan kata kunci pada penelitian lainnya yang berkaitan dengan

perubahan iklim. Hal ini mencakup berbagai variabel paparan lingkungan dan iklim, populasi sasaran, serta pelayanan dan kebijakan kesehatan (Gambar 3. (a)). Pendekatan epidemiologi dalam perkembangan studi ini berkaitan dengan paparan lingkungan khususnya pencemaran udara, temperatur serta faktor risiko yang bersumber dari variasi musim. Studi dilakukan pada anak, remaja dewasa dan lansia, baik laki-laki maupun perempuan (Gambar 3.(b)). Dampak kesehatan terkait iklim paling banyak berhubungan dengan pencemaran udara (Gambar 3.(c)), tetapi untuk risiko kesehatan terkait iklim juga berhubungan dengan kualitas air dan pemanasan global (Gambar 3.(d)). Semua kata kunci terkait kesehatan berhubungan dengan kenaikan suhu dan kualitas udara. Namun tema yang dibahas dalam dua tahun terakhir adalah epidemiologi, temperatur, risiko kesehatan dan anak



Gambar 3. Visualisasi jaringan kata kunci terkini untuk tema kesehatan
(a) *public health*; (b) *epidemiology*; (c) *health impact*; (d) *health risk*

PEMBAHASAN

Isu temperatur paling banyak ditemukan pada penelitian kesehatan terkait iklim. Perubahan iklim diproyeksikan meningkatkan frekuensi dan intensitas gelombang panas dan akan meningkatkan suhu permukaan bumi global sebesar 2–4,5°C dan lebih dari 4,5°C pada tahun 2100 (12). Suhu ekstrim berkontribusi terhadap lebih dari 2,5% mortalitas di negara maju dan lebih dari 3% di negara berkembang. Hampir setengah dari populasi dunia pernah mengalami panas ekstrem dimana kondisi ini sangat berbahaya pada kelompok rentan seperti lansia (>65 tahun) dengan penyakit kardio-respirasi, ibu hamil, dan anak-anak (13). Untuk kondisi iklim mikro, peningkatan suhu menyebabkan peningkatan penyakit arbovirus, yaitu penyakit yang disebabkan oleh virus melalui penularan biologis antara inang vertebrata yang rentan oleh artropoda penghisap darah. Beberapa penyakit yang meningkat akibat arbovirus yang dimodulasi oleh iklim diantaranya adalah Dengue, Zika, Chikungunya, Demam Kuning dan Demam West Nile (14).

Namun demikian, masih sedikit penelitian yang membahas keterkaitan variabel iklim lainnya dengan kesehatan. Contohnya, kelembaban menyebabkan peningkatan *Hand, foot, and mouth disease* (HFMD) (15,16). Peningkatan tekanan udara ditemukan berhubungan dengan peningkatan serangan jantung (17). Rendahnya kecepatan udara ditemukan berimplikasi terhadap percepatan transmisi Covid-19 (18). Selain itu, peningkatan intensitas curah hujan ditemukan berkaitan dengan peningkatan penyakit usus (*enteric diseases*) terutama disebabkan oleh transmisi fekal-oral (19).

Analisis bibliometrik ini juga menemukan bahwa pencemaran udara memiliki keterkaitan dengan perubahan iklim. Sistem cuaca memengaruhi pergerakan dan penyebaran polutan di atmosfer melalui pencampuran vertikal, pergerakan angin dan presipitasi, yang semuanya semakin bervariasi dalam kondisi iklim yang berubah-ubah. Misalnya, pada temperatur yang tinggi terjadi peningkatan emisi prekursor PM_{2.5} dan ozon. Reaksi pembentukan ozon terjadi lebih cepat dengan sinar matahari dengan intensitas tinggi dan suhu yang lebih panas (20). Sebaliknya, perubahan iklim terutama disebabkan oleh

emisi gas rumah kaca (*climate-forcing* GHGs) berupa CO₂, H₂O, CH₄, O₃ dan aerosol (H₂SO₄, HNO₃, BC). Kondisi ini secara bersama mempengaruhi peningkatan intensitas penyakit diantaranya gangguan pernapasan akut dan kronik, kardiovaskular, neurologis (21–24) dan berbagai penyakit lainnya.

Masalah lain yang perlu mendapat perhatian karena juga berdampak terhadap kesehatan adalah peningkatan intensitas dan frekuensi banjir, kebakaran hutan, badai; degradasi lahan, kekeringan; penurunan kehijauan lingkungan (*environmental greenness*) dan keragaman hayati; peningkatan sampah plastik hingga mikroplastik; penurunan keamanan pangan; ledakan alga yang menghasilkan toksin berbahaya; hingga meningkatnya pengungsian akibat cuaca ekstrim dan kenaikan muka air laut (25).

Khusus untuk publikasi oleh peneliti Indonesia, terdapat 366 artikel yang menyoroti isu kesehatan dalam fenomena perubahan iklim. Lebih spesifik lagi, gangguan kesehatan terkait variabilitas iklim yang dibahas berupa DBD (26–35), malaria (36,37), penyakit pernapasan (38–40), penyakit tular-air (41), leptospirosis (42,43), filariasis (44), hepatitis (45), diare (46) gangguan emosi, mental dan kognitif (47), serta pandemi Covid-19 (48–50). Hal ini mengindikasikan bahwa DBD adalah mayoritas penyakit yang paling banyak berkaitan dengan iklim, walaupun banyak penyakit lainnya yang tidak kalah sensitif terhadap iklim dan memiliki dampak jangka pendek maupun jangka panjang.

Kementerian Kesehatan (Kemenkes) RI bersama UNDP dan WHO pada April 2024 telah mencanangkan pengembangan sistem kesehatan berketahanan iklim dengan adaptasi dan mitigasi iklim (51). Untuk meningkatkan upaya adaptasi, perlu dilakukan analisis yang lebih komprehensif mengenai prediksi kemunculan berbagai penyakit sensitif iklim menggunakan pemodelan statistik hingga *machine learning* (52) menggunakan data iklim yang tersedia pada institusi yang berwenang seperti BMKG hingga hasil pemantauan satelit dari badan antariksa resmi (53,54). Oleh karena itu, kolaborasi lintas sektor dan lintas disiplin ilmu adalah hal yang perlu dilakukan agar dapat menghasilkan kajian yang lebih komprehensif dan tepat sasaran.

Selain fokus pada kajian penyakit sensitif iklim, dalam upaya mitigasi perlu adanya kajian yang menyoroti keterlibatan sistem kesehatan dalam memitigasi risiko iklim diantaranya mempromosikan tindakan dekarbonisasi di sektor kesehatan, menciptakan sistem kesehatan yang lebih baik, lebih tangguh terhadap iklim dan rendah karbon, serta menyiapkan masyarakat yang tangguh untuk melindungi dari berbagai risiko iklim terhadap kesehatan (55).

Walaupun berbasis *database* Scopus, penelitian ini memberikan gambaran mengenai perkembangan studi perubahan iklim dan kesehatan di Indonesia yang telah memenuhi reputasi dan standar jurnal internasional. Adapun *critical review* terhadap artikel penelitian nasional tetap perlu dilakukan untuk meningkatkan kredibilitas penelitian kesehatan berbasis iklim di masa depan.

KESIMPULAN

Studi bibliometrik ini menemukan peningkatan publikasi artikel penelitian yang signifikan dimulai dari tahun 2000 hingga 2023 dimana jurnal dan bidang ilmu dengan tema lingkungan paling banyak mempublikasikan topik ini. Negara Amerika Serikat, Britania Raya dan Tiongkok merupakan tiga negara terbanyak yang mempublikasikan dan meneliti isi kesehatan dan iklim.

Tema hangat yang sering dibahas pada dua tahun terakhir yaitu aspek epidemiologi, risiko kesehatan akibat iklim terutama pada anak, serta dampak dari perubahan temperatur. Mayoritas studi berhubungan dengan kenaikan suhu dan kualitas udara.

Di Indonesia, tren penelitian menunjukkan preferensi terhadap DBD. Perlu kajian yang lebih mendalam terhadap penelitian dengan basis data artikel khusus diterbitkan di dalam batas geografis Indonesia untuk meningkatkan kredibilitas penelitian kesehatan berbasis iklim.

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. WHO global strategy on health, environment and climate change. 2020;
2. Costello A, Romanello M, Hartinger S, Gordon-Strachan G, Huq S, Gong P, et al. Climate change threatens our health and

- survival within decades. *The Lancet*. 2023;401(10371):85–7.
3. Ansah EW, Amoado M, Obeng P, Sarfo JO. Health systems response to climate change adaptation: a scoping review of global evidence. *BMC Public Health*. 2024;24(1):2015.
4. UNFCCC. No Title [Internet]. COP28 UAE Declaration on Climate and Health. 2023. <https://www.cop28.com/en/cop28-uae-declaration-on-climate-and-health>
5. Butler CD, Haryanto B. Climate Change and Health in Indonesia. In: *Climate Change and Global Health: Primary, Secondary and Tertiary Effects*. CABI GB; 2024. hal. 435–44.
6. Passas I. Bibliometric Analysis: The Main Steps. *Encyclopedia*. 2024;4(2).
7. Aidi Ahmi RM. Bibliometric analysis of global scientific literature on web accessibility. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2019;7(6):250–8.
8. Anker MS, Hadzibegovic S, Lena A, Haverkamp W. The difference in referencing in Web of Science, Scopus, and Google Scholar. *ESC Heart Failure*. 2019;6(6):1291–312.
9. Tober M. PubMed, ScienceDirect, Scopus or Google Scholar–Which is the best search engine for an effective literature research in laser medicine? *Medical Laser Application*. 2011;26(3):139–44.
10. Falagas ME, Pitsouni EI, Malietzis GA, Pappas G. Comparison of PubMed, Scopus, web of science, and Google scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB journal*. 2008;22(2):338–42.
11. Leydesdorff L, Rafols I. Interactive overlays: A new method for generating global journal maps from Web-of-Science data. *Journal of informetrics*. 2012;6(2):318–32.
12. Rogelj J, Meinshausen M, Knutti R. Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates. *Nature climate change*. 2012;2(4):248–53.
13. Ebi KL, Capon A, Berry P, Broderick C, de Dear R, Havenith G, et al. Hot weather and heat extremes: health risks. *The lancet*.

- 2021;398(10301):698–708.
14. de Azevedo TS, Piovezan R. Relationship between environmental factors and arboviruses in urban areas. In: Planetary health approaches to understand and control vector-borne diseases. Wageningen Academic; 2023. hal. 92–117.
15. Onozuka D, Hashizume M. The influence of temperature and humidity on the incidence of hand, foot, and mouth disease in Japan. *Science of the Total Environment*. 2011;410:119–25.
16. Coates SJ, Davis MDP, Andersen LK. Temperature and humidity affect the incidence of hand, foot, and mouth disease: a systematic review of the literature—a report from the International Society of Dermatology Climate Change Committee. *International journal of dermatology*. 2019;58(4):388–99.
17. Borghai Y, Moghadamnia MT, Sigaroudi AE, Ghanbari A. Association between climate variables (cold and hot weathers, humidity, atmospheric pressures) with out-of-hospital cardiac arrests in Rasht, Iran. *Journal of Thermal Biology*. 2020;93:102702.
18. Coccia M. The effects of atmospheric stability with low wind speed and of air pollution on the accelerated transmission dynamics of COVID-19. *International Journal of Environmental Studies*. 2021;78(1):1–27.
19. Hales S. Climate change, extreme rainfall events, drinking water and enteric disease. *Reviews on Environmental Health*. 2019;34(1):1–3.
20. Kinney PL. Interactions of climate change, air pollution, and human health. *Current environmental health reports*. 2018;5(1):179–86.
21. Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;72(17):2054–70.
22. Al-Kindi SG, Brook RD, Biswal S, Rajagopalan S. Environmental determinants of cardiovascular disease: lessons learned from air pollution. *Nature Reviews Cardiology*. 2020;17(10):656–72.
23. Deng S-Z, Jalaludin BB, Antó JM, Hess JJ, Huang C-R. Climate change, air pollution, and allergic respiratory diseases: a call to action for health professionals. *Chinese medical journal*. 2020;133(13):1552–60.
24. Louis S, Carlson AK, Suresh A, Rim J, Mays M, Ontaneda D, et al. Impacts of climate change and air pollution on neurologic health, disease, and practice: a scoping review. *Neurology*. 2023;100(10):474–83.
25. Agache I, Sampath V, Aguilera J, Akdis CA, Akdis M, Barry M, et al. Climate change and global health: a call to more research and more action. *Allergy*. 2022;77(5):1389–407.
26. Lusno MFD, Yudhastuti R, Haksama S, Dwirahmadi F, Prayoga D, Farid AF, et al. Integration of climate, transmission, and spread of dengue hemorrhagic fever in endemic areas. *Journal of Public Health in Africa*. 2023;14(S2).
27. Suryanta J. Spatial assessment of climate change impact for dengue fever disease distribution in East Java Province: Case study utilization of geospatial information for public health. In: 35th Asian Conference on Remote Sensing 2014, ACRS 2014: Sensing for Reintegration of Societies. 2014.
28. Siregar FA, Rusli Abdullah M, Omar J, Sarumpaet SM, Supriyadi T, Makmur T, et al. Climate variability and a disease forecasting model for dengue hemorrhagic fever in North Sumatera Province, Indonesia. *Research Journal of Medical Sciences*. 2015;9(2):18–27.
29. Artha JU, Sinaga ES. Climate Variability Effects on Rising Dengue Incidence in Jakarta Province. In: E3S Web of Conferences. 2023.
30. Koesmaryono Y, Sopaheluwakan A, Hidayati R, Dasanto BD, Aryati R. Spatiotemporal Characterization of Dengue Incidence and Its Correlation to Climate Parameters in Indonesia. *Insects*. 2024;15(5).
31. Nirwantono R, Trinugroho JP, Sudigyo D, Hidayat AA, Pardamean B. Time-series Analysis of Correlation between Climatic Parameters and Dengue Fever in Indonesia. In: Proceedings - 4th International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information

- System, ICIMCIS 2022. 2022. hal. 161–5.
32. Dhewantara PW, Jamil KF, Fajar JK, Saktianggi PP, Nusa R, Garjito TA, et al. Decline of notified dengue infections in indonesia in 2017: Discussion of the possible determinants. *Narra J.* 2021;1(1).
33. Fakhruddin M, Putra PS, Wijaya KP, Sopaheluwakan A, Satyaningsih R, Komalasari KE, et al. Assessing the interplay between dengue incidence and weather in Jakarta via a clustering integrated multiple regression model. *Ecological Complexity.* 2019;39.
34. Rusli Y, Yushananta P. Climate variability and dengue hemorrhagic fever in Bandar Lampung, Lampung Province, Indonesia. *International Journal of Innovation, Creativity and Change.* 2020;13(2):323–36.
35. Minarti M, Anwar C, Irfannuddin I, Irsan C, Amin R, Ghiffari A. Impact of climate variability and incidence on dengue hemorrhagic fever in palembang city, south sumatra, indonesia. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences.* 2021;9:952–8.
36. Ridha MR, Indriyati L, Juhairiyah J, Kusumaningtyas H. Malaria incidence trends and their association with climatic variables in East Kalimantan, Indonesia, 2014–2020. *Jurnal Kesehatan Lingkungan.* 2022;14(2):130–8.
37. Husnina Z, Clements ACA, Wangdi K. Forest cover and climate as potential drivers for dengue fever in Sumatra and Kalimantan 2006–2016: a spatiotemporal analysis. *Tropical Medicine and International Health.* 2019;24(7):888–98.
38. Shiau Y-H, Yang S-F, Adha R, Muzayyanah S, Peng G-S. The exposure-response of air pollution and climate change to chronic respiratory diseases: Does residential energy efficiency matter? *Urban Climate.* 2023;51.
39. Dawu AE, Pratiwi RN, Winda S, Suparno AS, Tosepu R. A systematic literatur the impact of the climate to the case of Tuberculosis (TB): A review. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.
40. Sugardo BN, Sintorini MM, Kusumadewi RA. Climate variability (temperature, humidity, rain intensity and wind speed) and dengue hemorrhagic fever case correlations in Depok City in 2009-2018. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.
41. Fadhil M, Ismail M, Tosepu R. An impact of climatic change on water-borne diseases: A review. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.
42. Dhewantara PW, Riandi MU, Wahono T. Effect of climate change on the geographical distribution of leptospirosis risk in western Java, Indonesia. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022.
43. Syakbanah NL, Fuad A. HUMAN LEPTOSPIROSIS OUTBREAK: A YEAR AFTER THE ‘CEMPAKA’ TROPICAL CYCLONE. *Jurnal Kesehatan Lingkungan.* 2021;13(4):211–8.
44. Syafii A, Mahendra E, Tosepu R. A systematic literature (impact of climate change on filariasis). In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.
45. Tosepu R. Increased risk of hepatitis a due to weather changes: A review. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.
46. Handayani TH, Daud A, Selomo M. Relationship of climate factors with diarrhea evaluation in city of Makassar. *Indian Journal of Public Health Research and Development.* 2019;10(7):1120–4.
47. Ogunbode CA, Pallesen S, Böhm G, Doran R, Bhullar N, Aquino S, et al. Negative emotions about climate change are related to insomnia symptoms and mental health: Cross-sectional evidence from 25 countries. *Current Psychology.* 2023;42(2):845–54.
48. Rahayu ES, Rahwadwiati R. The impact of climate change on poverty in the pandemic of Covid-19 in Bengawan Solo Watershed, Wonogiri District, Central Java. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.
49. Kirana C, Hapsir HY, Nurmalita F, Tosepu

- R. The effect of climate on the outbreak of Covid-19: A review. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021.
50. Tosepu R, Gunawan J, Effendy DS, Ahmad LOAI, Lestari H, Bahar H, et al. Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Science of the Total Environment*. 2020;725.
 51. KemenkesRI. Kemenkes, UNDP, dan WHO Luncurkan Green Climate Fund. 2024.
 52. Adegoke BO, Odugbose T, Adeyemi C. Data analytics for predicting disease outbreaks: A review of models and tools. *International journal of life science research updates [online]*. 2024;2(2):1–9.
 53. Perdinan, Arini EY, Adi RF, Siregar R, Clatworthy Y, Nurhayati, et al. Meteorological Services for Forecast Based Early Actions in Indonesia. *Handbook of Climate Services*. 2020;353–82.
 54. Ceccato P, Ramirez B, Manyangadze T, Gwakisa P, Thomson MC. Data and tools to integrate climate and environmental information into public health. *Infectious diseases of poverty*. 2018;7(06):65–75.
 55. Campbell-Lendrum D, Neville T, Schweizer C, Neira M. Climate change and health: three grand challenges. *Nature medicine*. 2023;29(7):1631–8.

Analisis Postur Kerja dengan Menggunakan Metode RULA dan ROSA pada Karyawan Bagian Administrasi PT PLN (Persero) UID Jatim

Analysis of Work Posture Using the RULA and ROSA Methods for Employees of the Administration Department of PT PLN (Persero) UID Jawa Timur

Ade Justiawan Gozali¹, Tri Martiana², Parlan³

1. Program Studi Magister Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia
2. Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia
3. Biro K3 Lingkungan dan Keamanan, PLN Unit Induk Distribusi Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

***Corresponding Author : Ade Justiawan Gozali**

Email : adejustiawangozali@gmail.com

ABSTRAK

Pekerjaan perkantoran memiliki risiko ergonomi yang tinggi dan dampak tersebut tidak terlihat langsung seperti layaknya kecelakaan kerja namun hal ini lah yang mendasari perusahaan untuk menghiraukan risiko ini dengan beralasan perubahan stasiun kerja membutuhkan biaya yang besar. Maka dari itu penelitian dilakukan bertujuan untuk menilai postur kerja karyawan administrasi pada kantor PT PLN (Persero) UID Jawa Timur dengan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan *Rapid Office Strain Assesment* (ROSA). Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan *deskriptif observasional* dengan pengumpulan data primer melalui observasi dan wawancara langsung yang terstruktur, serta data sekunder dari telaah dokumen. Jumlah sampel sebanyak 7 responden penilaian dengan metode RULA dan 2 responden dengan metode ROSA. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sebanyak 3 dari 7 (42,8%) dengan penilaian RULA memiliki risiko sedang cedera yang diakibatkan posisi tubuh yang salah saat melakukan pekerjaan terutama pada posisi leher, bahu, punggung dan anggota tubuh lainnya pada bagian atas terdampak *work-related musculoskeletal disorders*. Sedangkan penilaian dengan metode ROSA menunjukkan hasil 2 responden (100%) memiliki risiko tinggi cedera yang diakibatkan oleh pengaturan tempat kerja duduk pada area kantor. terdampak *work-related musculoskeletal disorders*. Berdasarkan hasil penelitian rekomendasi jangka pendek yang dapat dilakukan oleh perusahaan yaitu membuat media promosi dan mensosialisasikan kepada karyawan terkait ergonomi kantor, mengagendakan senam bersama setiap minggunya dan melakukan *toolbox meeting* per tim saat pagi hari dengan diikuti pemanasan bersama sebelum memulai pekerjaan.

Kata Kunci : Ergonomi, RULA, ROSA

ABSTRACT

The research was conducted with the aim of assessing the work posture of administrative employees at the PT PLN (Persero) UID East Java office using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) and Rapid Office Strain Assessment (ROSA) methods. The research was conducted using a descriptive observational approach method with primary data collection through structured direct observation and interviews, as well as secondary data from document review. The number of samples analyzed was 7 respondents using the RULA method and 2 respondents using the ROSA method. The results of this research show that as many as 3 out of 7 respondents (42.8%) with the RULA assessment have a high risk of being affected by work-related musculoskeletal disorders. Meanwhile, the assessment using the ROSA method showed that under 2 respondents (100%) had a high risk of being affected by work-related musculoskeletal disorders. Based on the results of this research, the author provides recommendations that in the short term can be implemented by companies, namely, creating promotional media and providing information to employees regarding office ergonomics, scheduling group gymnastics every week and holding toolbox meetings per team in the morning followed by a group warm-up before starting work.

Keywords: Ergonomic, RULA, ROSA

PENDAHULUAN

Faktor Ergonomi adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas Tenaga Kerja, disebabkan oleh ketidaksesuaian antara fasilitas kerja yang meliputi cara kerja, posisi kerja, alat kerja, dan beban angkat terhadap Tenaga Kerja.¹ Ergonomi secara nyata memberi dampak terhadap kehidupan manusia sehari-hari, mulai dari rumah dimana mereka bertempat tinggal dan khususnya sampai ke tempat kerja di industri, perkantoran, dan lain-lain.² Masalah ergonomi akan lebih banyak terjadi pada kondisi pekerjaan-pekerjaan yang sering mengangkat, membawa, menarik dengan cara manual, mengulangi gerakan yang sama di seluruh hari kerja, bekerja di posisi janggal atau statis, mengangkat barang berat atau canggung, menggunakan kekuatan berlebihan untuk melakukan tugas, terkena getaran yang berlebihan atau bekerja pada suhu ekstrim, dan pekerjaan merakit dengan kecepatan merakit yang tinggi.³

Pada masa kini, pekerjaan perkantoran didominasi dengan menggunakan komputer untuk mempercepat pekerjaan yang mengakibatkan banyak waktu yang dihabiskan karyawan hanya berada dihadapan komputer. Pekerja selalu menggunakan komputer dan bekerja 8 jam/hari. Dan juga memungkinkan mereka untuk lembur sehingga menyebabkan pekerja merasakan keluhan-keluhan dalam bekerja.⁴ Pekerja pada hakikatnya perlu banyak bergerak dalam beraktivitas, tidak hanya terpaku pada posisi tertentu, berdiri atau duduk saja. Ada potensi gangguan kesehatan tubuhnya ketika seseorang pekerja hanya diam diri dan tidak banyak bergerak.⁵ Frekuensi tingginya akan penggunaan komputer yang tidak memperhatikan sisi ergonomi dalam bekerja mengakibatkan adanya risiko yang dirasakan oleh pengguna.⁶ Keluhan akibat tingginya penggunaan komputer pada saat bekerja terjadi karena adanya masalah dengan peralatan atau fasilitas, tata letak tempat kerja, kondisi lingkungan kerja, atau kombinasi dari beberapa faktor tersebut. Pengaruh dari tata letak tempat kerja yang tidak tepat misalnya, memaksa seseorang untuk melakukan postur kerja yang tidak ergonomis.⁷ Kenyamanan bekerja merupakan faktor yang penting bagi proses produksi, karena dapat mengurangi keluhan dan paparan resiko dalam bekerja yang disebabkan karena tuntutan pekerjaan yang

selalu tidak dapat dihindarkan di sekitar tempat kerja.⁸

Duduk di kursi sambil menghadap komputer ketika bekerja, secara kasat mata mungkin terlihat biasa, dan tidak memperlihatkan adanya bahaya yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan pekerja.⁹ Gangguan muskuloskeletal merupakan suatu permasalahan yang terjadi akibat terganggunya fungsi normal sistem muskuloskeletal, karena paparan yang terjadi secara berulang dan disebabkan oleh banyak faktor risiko kerja, salah satunya adalah postur kerja.¹⁰

Ergonomi mengatur interaksi antara pekerja dengan peralatan kerja, beserta faktor yang mempengaruhinya.¹¹ Ergonomi mempunyai pengaruh terhadap produktivitas kerja dalam suatu organisasi. Lingkungan kerja yang dirancang secara ergonomi dapat mendukung pekerjaan lebih efektif dan efisien.¹² Ergonomi kantor (office ergonomics) merupakan ilmu terapan ergonomi yang dilakukan di area perkantoran. Ergonomi kantor mengatur interaksi antara pekerja dengan lingkungan perkantoran.¹³ Gangguan kesehatan yang diakibatkan dari ergonomi seperti penyakit muskuloskeletal mengakibatkan ketidaknyamanan pada pekerja saat melakukan pekerjaannya. Postur tubuh yang tidak sesuai dengan posisi kerja dapat mengakibatkan gangguan kesehatan seperti nyeri punggung, leher, dan bahu.¹⁴

McAtamney dan Corlett (1993) mengembangkan RULA sebagai metode survei untuk menyelidiki gangguan pada anggota tubuh bagian atas akibat kerja, yang bertujuan untuk mengevaluasi postur dan faktor risiko ergonomis di tempat kerja.¹⁵ Hignett dan McAtamney (2002) mengembangkan Rapid Office Strain Assessment (ROSA) sebagai metode baru untuk menilai ergonomi kantor, yang bertujuan mengidentifikasi risiko cedera terkait postur tubuh dan penggunaan alat di lingkungan perkantoran.¹⁶

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka dari itu peneliti melakukan penelitian dengan menganalisa postur kerja pada sebagian karyawan bagian administrasi PT. PLN (Persero) UID Jawa Timur dengan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *deskriptif observasional*. Penelitian ini dilakukan di PT PLN (Persero) UID Jawa Timur-Surabaya yang dimana penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2024. Penetapan responden pada penelitian ini dilakukan secara *random sampling* dengan jumlah sampel karyawan yang dinilai postur tubuhnya sebanyak 7 orang karyawan bagian administrasi yang bertugas di PT PLN (Persero) UID Jawa Timur-Surabaya.

Penilaian postur kerja karyawan menggunakan 2 metode yakni *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA) dengan total 7 karyawan yang dinilai menggunakan metode RULA dan 2 karyawan menggunakan metode ROSA. RULA menilai postur, gaya, dan gerakan suatu aktivitas kerja yang berkaitan dengan penggunaan anggota tubuh bagian atas.¹⁷ Sedangkan menurut Sonne dkk., (2012) metode ROSA merupakan salah satu metode pada ergonomi kantor, yang dirancang penilaiannya untuk mengukur risiko yang terkait dengan penggunaan komputer serta untuk membangun tindakan perubahan berdasarkan dari ketidaknyamanan karyawan.¹⁸ Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung, wawancara terstruktur, pengambilan data dokumentasi dan data sekunder didapatkan dari telaah dokumen. Pengkategorian skor akhir RULA terhadap risiko digunakan dengan menggunakan skor berikut ini :¹⁹

Kategori Tindakan	Level Resiko	Tindakan
1 – 2	Minimum	Aman
3 – 4	Kecil	Diperlukan beberapa waktu ke depan
5 – 6	Sedang	Tindakan dalam waktu dekat
7	Tinggi	Tindakan sekarang Juga

Tabel 1. Kategori skor akhir RULA

Sedangkan untuk penilaian skor akhir ROSA dikategorikan sebagai berikut :²⁰

No.	Nilai	Tingkat Risiko	Tindakan
1	1-2	Rendah	Faktor risiko relatif rendah dan dianggap masih diterima
2	3-4	Sedang	Diperlukan analisis lebih lanjut dan perubahan mungkin diperlukan
3	5-7	Tinggi	Analisa lebih lanjut dan perubahan dibutuhkan segera
4	8-10	Sangat tinggi	Analisa lebih lanjut dan perubahan dibutuhkan sangat segera

Sumber: Permenaker No. 5 th 2018

Tabel 2. Kategori skor akhir ROSA

HASIL PENELITIAN

1. Gambaran Umum PT PLN (Persero) UID Jawa Timur

PT PLN (Persero) UID Jawa Timur merupakan bagian dari perusahaan listrik negara Indonesia yang bertanggung jawab untuk distribusi listrik di seluruh area Jawa Timur. Wilayah operasional PT PLN (Persero) UID Jawa Timur yakni mencakup seluruh wilayah di Provinsi Jawa Timur yang dimana didalamnya termasuk kota-kota besar seperti Surabaya, Malang dan Sidoarjo serta daerah-daerah pedesaan dan terpencil yang dalam ruang lingkup provinsi Jawa Timur. Kantor PLN (Persero) UID Jawa Timur menempati lahan seluas ±14.000 m² dan berlokasi di Jl. Embong Trengguli No.19-21 Kec.Genteng Surabaya sebagai halaman depan sampai dengan Jl.Embong Wungu sebagai halaman belakang. Dalam area kantor PT PLN (Persero) UID Jatim terdapat 9 gedung yakni :

- Gedung A (Gedung administrasi General Manager, Bidang Komunikasi dan Umum, Ruang Rapat Majapahit, Ruang Rapat Airlangga, Lobi dan Ruang tamu.
- Gedung B (Gedung administrasi Bidang Perencanaan, Bidang Keuangan, , Bidang Niaga, Bidang Distribusi, Satuan Pengawasan Intern, UP2K (Unit Pelaksana Proyek Ketenagalistrikan), Biro Pengadaaan, Biro K3 Lingkungan dan Keamanan, Ruang Arsip.
- Gedung C (Gedung administrasi Divisi HTD, Divisi Hukum Jawa Timur 1.
- Gedung D (Gedung administrasi Eks Biro Pengadaan, Unit Risk, Ruang Rapat Blambangan, Kantin, *Co-Working Space*.

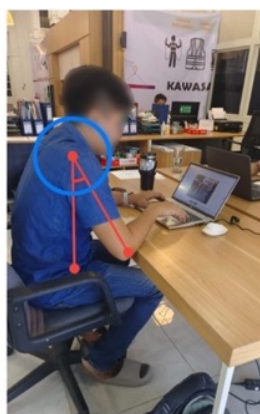
- e. Gedung E (Gedung bangunan Masjid As-Salaam).
- f. Gedung F (Gedung administrasi Divisi STI, IKPLN, Poliklinik, Ruang Rapat Gajahmada).
- g. Gedung G (Gedung perkantoran administrasi Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D)).
- h. Gedung H (Gedung Ruang Rapat Adhirajasa Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D)).
- i. Gedung I (Gedung administrasi Bidang Yan HC).

Namun dalam penelitian yang dilakukan hanya diambil sampel dari beberapa karyawan administrasi yang berada di Gedung B yang terdiri dari karyawan Bidang Perencanaan, Bidang Keuangan, Bidang Distribusi dan Biro K3 Lingkungan dan Keamanan.

2. Penilaian Postur Kerja dengan Menggunakan Metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

Penilaian postur kerja dilakukan pada 7 karyawan dengan menggunakan RULA pada foto yang diambil saat karyawan sedang melakukan pekerjaannya dan dilakukan penilaian dan analisa terhadap foto yang diambil.

- a. Lengan atas, dilakukan penilaian terhadap sudut antara lengan atas dan sudut 0° vertikal terhadap posisi lengan atas pekerja.

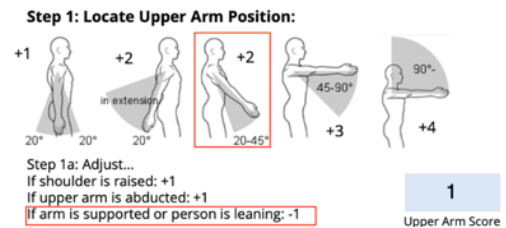


Date taken: 07/18/2024, 15:57
a: 29.1°

Gambar 1. Sudut lengan atas

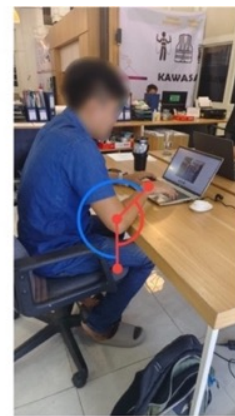
Setelah diketahui sudut tekukan lengan atas terhadap tubuh, selanjutnya dilakukan penilaian berdasarkan pada kategori

penilaian pada formulir RULA sebagai berikut :



Gambar 2. Penilaian lengan atas

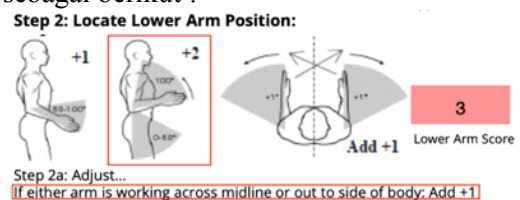
- b. Lengan bawah, dilakukan penilaian terhadap sudut antara lengan bawah dan sudut 0° vertikal terhadap posisi lengan bawah pekerja.



Date taken: 07/18/2024, 15:57
a: 135.2°

Gambar 3. Sudut lengan bawah

Setelah diketahui sudut tekukan lengan bawah terhadap lengan atas, selanjutnya dilakukan penilaian berdasarkan pada kategori penilaian pada formulir RULA sebagai berikut :



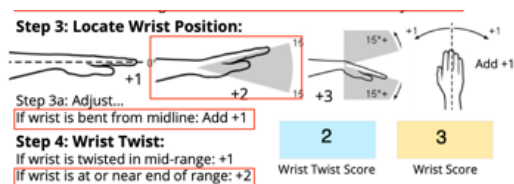
Gambar 4. Penilaian lengan atas

- c. Pergelangan tangan, dilakukan penilaian terhadap sudut antara pergelangan tangan dengan lengan bawah pekerja.



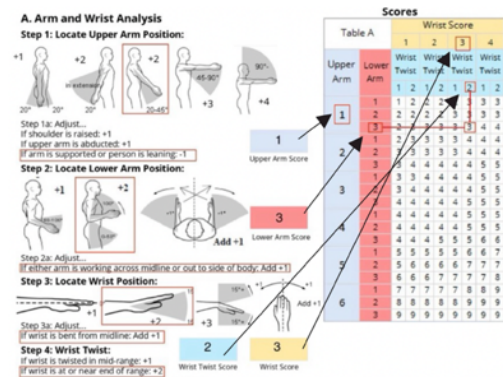
Gambar 5. Sudut pergelangan tangan

Setelah diketahui sudut tekukan dan deviasi pergelangan tangan, selanjutnya dilakukan penilaian berdasarkan pada kategori penilaian pada formulir RULA sebagai berikut :



Gambar 6. Penilaian pergelangan tangan

- d. Tabel A, setelah didapatkan skor pada seluruh postur di bagian A selanjutnya memasukkannya ke dalam tabel untuk mendapatkan poin bagian A sebagai berikut:

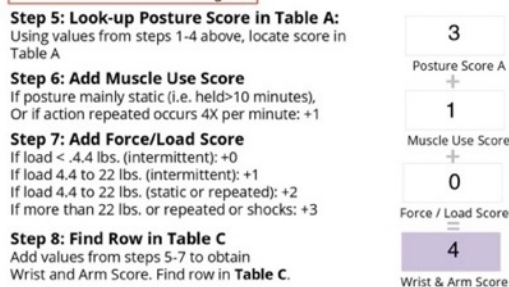


Gambar 7. Penilaian tabel A

Sehingga didapatkan skor sebesar 3 poin pada postur bagian A.

- e. Skor *Wrist and Arm*, Selanjutnya skor yang

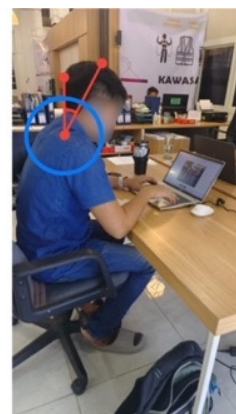
didapatkan pada bagian A dihitung dengan ditambahkan dengan tambahan poin penggunaan otot dan gaya atau beban yang signifikan sehingga didapatkan skor *Wrist and Arm* pada karyawan sebagai berikut :



Gambar 8. Skor *wrist and arm*

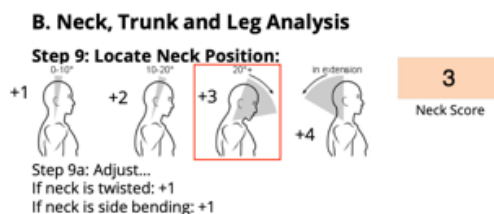
Sehingga didapatkan skor *wrist and arm* sebesar 4 poin.

- f. Leher, dilakukan penilaian terhadap sudut tekukan leher dan sudut 0° vertikal terhadap posisi leher pekerja.



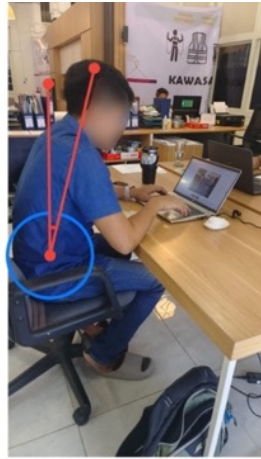
Gambar 9. Sudut leher

Setelah diketahui sudut tekukan leher terhadap tubuh, selanjutnya dilakukan penilaian berdasarkan pada kategori penilaian pada formulir RULA sebagai berikut :



Gambar 10. Penilaian leher

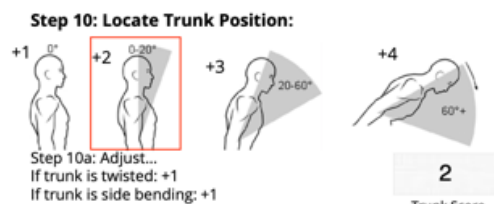
- g. Punggung, dilakukan penilaian terhadap sudut tekukan punggung (batang tubuh) dan sudut 0° vertikal terhadap posisi punggung pekerja.



Date taken: 07/18/2024, 15:57
a: 13.9°

Gambar 11. Sudut punggung

Setelah diketahui sudut tekukan punggung, selanjutnya dilakukan penilaian berdasarkan pada kategori penilaian pada formulir RULA sebagai berikut :



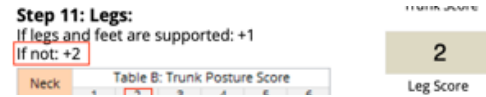
Gambar 12. Penilaian punggung

- h. Kaki, dilakukan penilaian terhadap posisi kaki (apakah kaki menumpuh dengan baik atau tidak)



Gambar 14. Posisi Kaki

Setelah diketahui stabilitas posisi kaki, selanjutnya dilakukan penilaian berdasarkan pada kategori penilaian pada formulir RULA sebagai berikut :



Gambar 15. Penilaian posisi kaki

- i. Tabel B, Setelah didapatkan seluruh postur pada bagian B selanjutnya dimasukkan kedalam tabel untuk mendapatkan poin bagian A sebagai berikut :

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

+1 0-10° +2 10-20° +3 20°+ in extension +4

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

+1 0° +2 0-20° +3 20-60° +4 60°+

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Legs Score	Legs Score	Legs Score	Legs Score	Legs Score	Legs Score	Legs Score	Legs Score	Legs Score
1	1	2	3	4	5	6	7	7	7
2	2	3	2	1	4	5	5	6	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	8
5	7	7	7	7	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Neck Score: 3
Trunk Score: 2
Leg Score: 2

Gambar 16. Penilaian tabel B

Sehingga didapatkan skor sebesar 4 poin pada postur bagian B.

- j. Skor *Neck, Trunk and Leg*, Selanjutnya skor yang didapatkan pada bagian B dihitung dengan ditambahkan dengan tambahan poin penggunaan otot dan gaya atau beban yang signifikan sehingga didapati skor *Neck, Trunk and Leg* pada karyawan sebagai berikut :

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Posture B Score: 4
Muscle Use Score: 1
Force / Load Score: 0
Total Score: 5

Gambar 17. Skor neck, trunk and leg

Sehingga didapatkan poin *Neck, Trunk and Leg* sebesar 5 poin.

- k. Skor Akhir RULA, Setelah diketahui poin *wrist and arm* sebesar 4 poin dan poin *neck, trunk and leg* sebesar 5 poin, kemudian data dimasukkan kedalam tabel C untuk mendapatkan skor RULA pada pekerja yang dinilai.

Table C		Neck, Trunk, Leg Score						
		1	2	3	4	5	6	7+
Wrist / Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)
 1-2 = acceptable posture
 3-4 = further investigation, change may be needed
 5-6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

5
RULA Score

Gambar 18. Penilaian tabel C (Skor RULA)

- l. Skor RULA pada penilaian terhadap karyawan 1 sebesar 5 yang dimana perlu dilakukan investigasi lanjut dan perubahan segera terhadap posisi kerja karyawan tersebut.

Penilaian selanjutnya dilakukan pada 7 responden dengan menggunakan tahapan yang sama. Hasil pengukuran selanjutnya dilakukan dengan penilaian yang sama dengan ke 6 responden lainnya dengan memperhitungkan stasiun kerja dan postur kerja yang mirip sehingga tidak ditampilkan secara terperinci untuk 6 responden lainnya. Hasil pengukuran dari ke 7 responden dapat dilihat pada tabel rangkuman penilaian RULA di bagian pembahasan.

3. Penilaian Postur Kerja dengan Menggunakan Metode *Rapid Office*

Strain Assesment (ROSA)

Penilaian postur kerja dilakukan pada 2 karyawan dengan menggunakan ROSA pada foto yang diambil saat karyawan sedang melakukan pekerjaannya dan dilakukan penilaian dan analisa terhadap foto yang diambil.

- a. *Chair height*, penilaian dilakukan pada ketinggian kursi apakah sesuai dengan postur tubuh karyawan dan apakah kaki dapat menapak secara rata pada lantai dan membentuk sudut sekitar 90 ° dengan menggunakan formulir ROSA sebagai berikut :

Gambar 19. Penilaian *chair height*

Sehingga didapatkan skor sebesar 2 poin untuk *chair height*.

- b. *Pan depth*, penilaian dilakukan pada ujung dudukan kursi dan lutut bagian belakang karyawan dengan idealnya berjarak 3inch dengan menggunakan formulir ROSA sebagai berikut :

Gambar 20. Penilaian *pan depth*

Sehingga didapatkan skor sebesar 1 poin untuk *pan depth*.

- c. *Armrests*, penilaian dilakukan pada posisi lengan kursi apakah dapat mendukung lengan pengguna dengan baik dan dalam posisi rileks dengan menggunakan formulir ROSA sebagai berikut :

Gambar 21. Penilaian *armrests*

Sehingga didapatkan skor sebesar 3 poin untuk *armrests*.

- d. *Back support*, penilaian dilakukan dengan melihat apakah sandaran punggung yang digunakan telah memberikan dukungan yang memadai terhadap tulang belakang karyawan dan lantai kerja yang digunakan apakah terlalu tinggi atau tidak dengan menggunakan formulir ROSA sebagai berikut :

Back Support		AREA SCORE
		2
Adequate Lumbar Support - Chair reclined between 95°-110° (3) No Lumbar Support OR Lumbar Support not Positioned in Small of Back (2) Angled Too Far Back (Greater than 110°) OR Angled Too far forward (Less than 95°) (2) No Back Support or Back, OR Backrest Leaning Forward (2) Work Surface too High (Shoulders Struggled) (1)		

Gambar 22. Penilaian *back support*

Sehingga didapatkan skor sebesar 2 poin untuk *back support*.

- e. *Section A*, Selanjutnya angka yang didapatkan dengan penambahan skor *chair height* dan *pan depth* serta *armrests* dan *back support* dan dimasukkan ke dalam tabel sehingga didapat skor *Section A* atau *chair* sebagai berikut :

		SECTION A SCORE							
		Arm Rest and Back Support							
seat pan height / depth	2	2	2	3	4	5	6	7	8
	3	2	2	3	4	5	6	7	8
	4	3	3	3	4	5	6	7	8
	5	4	4	4	4	5	6	7	8
	6	5	5	5	5	6	7	8	9
	7	6	6	6	7	7	8	8	9
	8	7	7	7	8	8	9	9	9
	9	8	8	8	9	9	9	9	9

Gambar 23. Penilaian *section A*

Sehingga didapatkan skor *chair* sebesar 4 poin. Selanjutnya skor *chair* yang didapatkan ditambahkan dengan skor durasi yang digunakan pekerja dalam posisi duduk saat bekerja dengan ketentuan sebagai berikut :

- Skor -1 : apabila kurang dari 30 menit secara terus menerus, atau kurang dari 1 jam per hari
- Skor 0 : apabila antara 30 menit sampai 1 jam secara terus menerus, atau antara 1 sampai 4 jam perhari

- Skor +1 : apabila lebih lama dari 1 jam secara terus menerus, atau lebih dari 4 jam perhari.

Sehingga dapat disimpulkan skor akhir *chair* sebesar 5 poin.

- f. *Monitor*, penilaian dilakukan pada posisi monitor yang digunakan apakah telah sesuai dengan garis pandang karyawan dan tidak terlalu tinggi atau rendah, kecerahan layar dan peletakan dokumen yang digunakan saat bekerja. Selain itu skor juga ditambahkan dengan skor durasi sehingga penilaian yang dilakukan dengan menggunakan formulir ROSA sebagai berikut :

Section B - Monitor and Telephone		AREA SCORE
		3
Arm's Length Distance (60° / 25cm) / Screen at Eye level (3) Too Low (Below 30°) (2) Too High (Neck Extension) (3) Neck Twist Greater than 30° (1) Glare on Screen (1) Documents - No Holder (1)		
DURATION	1	Monitor Score
		4

Gambar 24. Penilaian *monitor*

Sehingga didapatkan skor sebesar 4 poin untuk *monitor*.

- g. *Telephone*, penilaian dilakukan pada posisi penempatan telepon apakah masih dalam jangkauan pekerja atau mudah dicapai ketika digunakan dan skor juga ditambahkan dengan skor durasi sehingga penilaian dilakukan dengan menggunakan formulir ROSA sebagai berikut :

Telephone		AREA SCORE
Headset / One Hand on Phone & Neutral Neck Posture (3) Too Far of Reach (outside of 30cm) (2) Neck and Shoulder Hold (1)		
DURATION	0	Phone Score
		0
		ROSA SCORE
		3

Gambar 25. Penilaian *telephone*

Karena pekerja tidak menggunakan telepon dimeja kerja sehingga didapatkan skor sebesar 0 poin untuk *telephone*.

- h. *Section B*, selanjutnya poin yang telah didapatkan dari penilaian terhadap *monitor* dan *telephone* dimasukkan kedalam tabel *Section B* sebagai berikut :

Didapatkan hasil akhir ROSA sebesar 5 poin. Kemudian dinilai dengan menggunakan level risiko ergonomi sebagai berikut :

- i. *Low risk* dengan skor akhir ROSA 1-2
- ii. *Medium risk* dengan skor akhir ROSA 3-4
- iii. *High risk* dengan skor akhir ROSA 5-7
- iv. *Very high risk* dengan skor akhir ROSA 8-10

Sehingga disimpulkan bahwa karyawan 1 dengan skor akhir penilaian ROSA sebesar 5 yang artinya memiliki risiko tinggi.

Penilaian selanjutnya dilakukan pada 1 responden lainnya dengan menggunakan tahapan yang sama. Hasil pengukuran selanjutnya dilakukan dengan penilaian yang sama dengan ke 1 responden lainnya dengan memperhitungkan stasiun kerja dan postur kerja yang mirip sehingga tidak ditampilkan secara terperinci. Hasil pengukuran dari ke 1 responden lainnya dapat dilihat pada tabel rangkuman penilaian ROSA di bagian pembahasan.

PEMBAHASAN

Penilaian risiko ergonomi yang dilakukan pada karyawan administrasi PT PLN (Persero) UID Jatim dengan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA). Penilaian dilakukan pada 7 sampel karyawan yang bekerja di bidang administrasi dengan rincian 7 sampel dengan metode RULA dan 2 sampel dengan metode ROSA. Penilaian dilakukan dengan pengambilan foto terlebih dahulu dan kemudian dilakukan analisa dengan masing-masing metode penilaian sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

1. *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

Hasil penilaian RULA pada bagian A yang dilakukan dengan menilai posisi lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), pergelangan tangan (*wrist*) dan putaran pergelangan tangan (*wrist twist*) pada 7 responden karyawan administrasi PT PLN (Persero) UID Jatim dirangkum sebagai berikut :

Tabel 3. Rangkuman skor *wrist and arm*

No.	Responden	Skor Bagian A				Skor Bagian A	Skor Penggunaan Otot	Skor Penggunaan beban	Skor <i>wrist and arm</i>
		Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist				
1	Karyawan 1	1	3	4	2	3	1	0	4
2	Karyawan 2	2	3	3	2	4	1	0	5
3	Karyawan 3	2	2	2	2	3	1	0	4
4	Karyawan 4	1	2	4	2	3	1	0	4
5	Karyawan 5	1	3	2	2	3	1	0	4
6	Karyawan 6	1	3	3	2	3	1	0	4
7	Karyawan 7	3	2	3	2	4	1	0	5

Hasil penilaian RULA pada bagian B yang dilakukan dengan menilai posisi leher (*neck*), batang tubuh (*trunk*) dan kaki (*leg*) pada 7 responden karyawan administrasi PT PLN (Persero) UID Jatim dirangkum sebagai berikut :

Tabel 4. Rangkuman skor *neck, trunk and leg*

No	Responden	Skor Bagian B			Skor Bagian B	Skor Penggunaan Otot	Skor Penggunaan beban	Skor <i>neck, trunk and leg</i>
		Neck	Trunk	Leg				
1	Karyawan 1	3	2	2	4	1	0	5
2	Karyawan 2	1	1	1	1	1	0	1
3	Karyawan 3	3	2	1	3	1	0	4
4	Karyawan 4	1	3	1	3	1	0	4
5	Karyawan 5	2	1	2	3	1	0	4
6	Karyawan 6	2	3	1	4	1	0	4
7	Karyawan 7	2	2	2	3	1	0	4

Hasil penilaian akhir RULA yang didapatkan pada tabel C menggunakan hasil tabel A dan tabel B sebelumnya pada 7 responden karyawan administrasi PT PLN (Persero) UID Jatim dirangkum sebagai berikut :

Tabel 5. Rangkuman skor RULA

No.	Responden	Skor Tabel A (Wrist/Arm)	Skor Tabel B (Neck, Trunk, Leg)	Skor Tabel C	Keterangan
1	Karyawan 1	4	5	5	Investigasi lebih lanjut, perubahan segera
2	Karyawan 2	5	2	4	Investigasi lebih lanjut, mungkin dibutuhkan perubahan
3	Karyawan 3	4	4	4	Investigasi lebih lanjut, mungkin dibutuhkan perubahan
4	Karyawan 4	4	4	4	Investigasi lebih lanjut, mungkin dibutuhkan perubahan
5	Karyawan 5	4	4	4	Investigasi lebih lanjut, mungkin dibutuhkan perubahan
6	Karyawan 6	4	5	5	Investigasi lebih lanjut, perubahan segera
7	Karyawan 7	5	4	5	Investigasi lebih lanjut, perubahan segera

Dari akumulasi penilaian RULA yang dilakukan pada 7 responden karyawan administrasi PT PLN (Persero) UID Jatim didapati hasil 42,8 % responden atau sebanyak 3 karyawan dengan penilaian skor RULA sebesar 5 yang berdasarkan tabel kategori penilaian RULA bahwa harus dilakukan perubahan segera dan investigasi lebih lanjut terkait postur tubuh saat melakukan pekerjaan administrasi. Perbedaan hasil penilaian didapatkan dari antropometri karyawan yang berbeda namun menggunakan stasiun kerja yang mirip. Penggunaan meja dan kursi yang ergonomis bisa mengatasi masalah tersebut. Meja dan kursi yang digunakan harus sesuai dengan antropometri pekerja, sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai ukuran-ukuran yang cocok agar pekerja bisa bekerja dengan nyaman.²¹

Selain itu penyebab tingginya level risiko ergonomi juga disebabkan pada kondisi kursi dan meja kerja yang tidak ergonomis dan menyebabkan postur janggal bagi karyawan saat melakukan aktivitas pekerjaan administrasi. Kursi yang digunakan oleh penggunadalam melaksanakan aktifitas harus sesuai dengan antropometri tubuh(Hariandja & Ishlah, 2013)(Sokhibi, 2017).²²

2. Rapid Office Strain Assesment (ROSA)

Hasil penilaian ROSA pada bagian A yang dilakukan penilaian pada kedalaman kursi (*seat pan depth*), ketinggian kursi (*chair height*), sandaran punggung (*back support*), sandaran lengan (*arm rest*) dan durasi duduk

karyawan dalam 1 (satu) hari yang dilakukan pada 2 responden pekerja administrasi pada PT PLN (Persero) UID Jatim dirangkum sebagai berikut :

Tabel 6. Rangkuman skor bagian A

No.	Responden	Skor Bagian A		Skor Bagian A	Durasi	Skor Akhir Bagian A
		Chair Height + Pan Depth	Arm Rest + Back Support			
1	Karyawan 1 (laptop)	3	5	4	1	5
2	Karyawan 2 (PC)	2	5	4	1	5

Hasil penilaian ROSA pada bagian B yang dilakukan penilaian pada jarak mata terhadap monitor, pengaturan cahaya monitor, sandaran dokumen, jangkauan telepon dari karyawan, cara penggunaan telepon dan durasi penggunaan telepon dan monitor karyawan dalam 1 (satu) hari yang dilakukan pada 2 responden pekerja administrasi pada PT PLN (Persero) UID Jatim dirangkum sebagai berikut :

Tabel 7. Rangkuman skor bagian B

No	Responden	Skor Bagian B		Skor Akhir Bagian B
		Monitor + Durasi Penggunaan	Telepon + Durasi Penggunaan	
1	Karyawan 1 (laptop)	4	0	3
2	Karyawan 2 (PC)	3	0	2

Hasil penilaian ROSA pada bagian C yang dilakukan penilaian pada penggunaan *mouse* yang terdiri dari letak *mouse* dan *keyboard* pada meja kerja karyawan, posisi pergelangan tangan saat mengoperasikan *mouse* dan *keyboard* dan durasi pengggopersian *mouse* dan *keyboard* oleh karyawan dalam 1 (satu) hari yang dilakukan pada 2 responden pekerja administrasi pada PT PLN (Persero) UID Jatim dirangkum sebagai berikut :

Tabel 8. Rangkuman skor bagian C

No.	Responden	Skor Bagian C		Skor Akhir Bagian C
		Mouse + Durasi Penggunaan	Keyboard + Durasi Penggunaan	
1	Karyawan 1 (laptop)	3	4	5
2	Karyawan 2 (PC)	3	3	3

Penilaian skor monitor and peripheral

didapatkan dengan memasukkan skor bagian B (*monitor and telephone*) dan bagian C (*mouse and keyboard*) pada tabel dan didapatkan rangkuman pada 2 responden sebagai berikut :

Tabel 9. Rangkuman skor *monitor and peripheral*

No.	Responden	Skor Bagian B (Monitor and Telephone)	Skor Bagian C (Mouse and Keyboard)	Monitor and Peripheral Score
1	Karyawan 1 (laptop)	3	5	5
2	Karyawan 2 (PC)	2	3	3

Penilaian skor akhir ROSA didapatkan dengan memasukkan skor bagian A (*chair*) dan skor *monitor and peripheral* sebelumnya dan didapati rangkuman penilaian skor akhir Rosa pada 2 responden karyawan administrasi pada PT PLN (Persero) UID Jatim sebagai berikut :

Tabel 10. Rangkuman skor ROSA

No.	Responden	Skor Akhir Bagian A (Chair)	Monitor and Peripheral Score	Skor Akhir ROSA	Level Risiko Ergonomi
1	Karyawan 1 (laptop)	5	5	5	High Risk
2	Karyawan 2 (PC)	5	3	5	High Risk

Dalam penilaian hasil ROSA yang dilakukan pada 2 responden dengan pekerjaan sebagai karyawan administrasi pada PT PLN (Persero) UID Jatim yang dibedakan dengan penggunaan 2 alat kerja yang berbeda yaitu penggunaan laptop dan penggunaan *personel computer* (PC) didapati hasil bahwa kedua responden dinilai memiliki risiko tinggi yang dimana dibutuhkan perbaikan *workstation*. Penggunaan kursi kerja dan meja kerja yang tidak sesuai dengan antropometri pekerja memberikan dampak pada timbulnya postur yang janggal pada karyawan saat melakukan pekerjaan. Karyawan 1 mendapatkan nilai yang tinggi pada bagian *monitor and peripheral* dikarenakan penggunaan laptop saat bekerja. Penggunaan komputer atau laptop dalam waktu lama dengan posisi statis dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia. Baik berdampak pada gangguan otot-otot skeletal maupun kesehatan mata berupa reaksi hipersensitivitas (*electrical sensitivity*) akibat sinar radiasi elektromagnetik (Thandung, Lintang, & Supit, 2013).²³

3. Rekomendasi Pengendalian

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan menilai postur kerja terdapat beberapa rekomendasi dari peneliti yang dapat dilakukan dalam jangka pendek sebagai berikut :

- Membuat media promosi dan mensosialisasikan kepada karyawan terkait ergonomi kantor.
Media promosi yang dapat dilakukan yaitu dengan membuat poster yang berisikan informasi mengenai posisi kerja dengan posisi duduk yang benar dan disosialisasikan kepada pekerja. Poster yang dibuat agar menarik dan dapat mudah dimengerti oleh pekerja. Selain itu juga bentuk media promosi yang dapat diterapkan, dengan menempelkan poster di area area kerja dan mensosialisasikannya melalui pesan *whatsapp* di grup kantor ataupun broadcast ke kontak masing-masing karyawan.
- Mengagendakan senam bersama setiap minggunya.
Dengan menentukan hari yang tepat untuk melaksanakan senam bersama setiap minggunya pada pagi hari dengan mengutamakan pada peregangan otot, seperti leher, punggung, dan pergelangan tangan. Mengundang instruktur untuk membuat kegiatan senam lebih menarik untuk diikuti oleh karyawan.
- Melakukan *toolbox meeting* per tim saat pagi hari dengan diikuti pemanasan bersama sebelum memulai pekerjaan.
Mengambil waktu sejenak sebelum memulai pekerjaan dengan *toolbox meeting*. Selain berguna untuk membuat pekerjaan lebih terorganisir juga dapat membuat otot-otot pekerja lebih siap bekerja setelah melakukan pemanasan bersama untuk mencegah terjadinya cedera saat bekerja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uraian hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada 7 responden karyawan yang dilakukan penilaian postur tubuh dengan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) sebesar 42,8% responden atau 3 orang memperoleh skor RULA sebesar 5 yang dapat diartikan

bahwa responden memiliki risiko tinggi terdampak *work-related musculoskeletal disorders*. Sedangkan Penilaian dengan menggunakan metode *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA) pada 2 responden mendapatkan hasil bahwa kedua responden memiliki risiko tinggi terdampak *work-related musculoskeletal disorders*.

Dari hasil yang didapatkan pada penelitian ini diharapkan bahwa PT PLN (Persero) UID Jawa Timur dapat melakukan tindak pencegahan agar tidak terjadinya penyakit akibat kerja dikemudian hari serta tidak berpengaruh terhadap produktivitas pekerja yang berdampak bagi perusahaan. Selain itu juga dapat menerapkan beberapa rekomendasi jangka pendek yang dapat diterapkan dalam pelaksanaan program keselamatan dan kesehatan kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih hal ini terutama PT PLN (Persero) UID Jawa Timur dan Biro K3 Lingkungan dan Keamanan yang telah memberikan izin dan waktunya bagi penulis untuk melakukan penelitian terkait postur tubuh pekerja administrasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Selain itu, semoga penelitian yang dilakukan penulis dapat membantu perusahaan dalam menyusun program kerja terutama pada program pencegahan penyakit akibat kerja.

DAFTAR PUSTAKA

1. Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Kementerian Ketenagakerjaan, Jakarta.
2. Padedda, Antonius L U L, dkk. (2024). Analisis Postur Kerja Menggunakan Metode RULA (*Rapid Upperlimb Assessment*) pada PT XY). *Jurnal Industri Kreatif*. Vol. 8(2). 82-96.
3. Nurliah, A. (2012). Analisis risiko musculoskeletal disorders (MSDs) pada operator forklift di PT LLI tahun 2012 (Tesis, Universitas Indonesia).
4. Zen, Zayyinul Hayati. (2017). Analisis Postur Kerja Karyawan Kantor Menggunakan *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA). *Surya Teknika*, Vol. 5(1), 43-48.
5. Sekarlangit, N. (2016). Evaluasi Ergonomi Pada Ruang Kantor Studi Kasus : Kantor Konsultan Arsitek “Karice Studio” di Yogyakarta. *Ruas (Review of Urbanism and Architectural Studies)*, 14 (1), 9-22.
6. S. T. Simanjuntak, and N. Susanto, "Analisis Postur Pekerja Untuk Mengetahui Tingkat Risiko Kerja Dengan Metode Rosa (Studi Kasus: Kantor Pusat PT PERTAMINA EP)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol.9, no.4, Jan 2022.
7. Erliana, Cut Ita, dkk. (2019). Analisis Postur Kerja Untuk Mengurangi Tingkat Risiko Kerja Menggunakan Metode *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA). *Talenta*, Vol. 2(3), 513-522.
8. Irfan, W. A. S., & Ahmad, M. (2018). Analisa Postur Kerja Dengan Metode Rapid Upper Limb Assessment (Rula) Pada Operator Mesin Extruder Di Stasiun Kerja Extruding Pada Pt Xyz. *Opsi*, 11(1), 49-57.
9. Bossen, D. (2007). Improved Workplace Performance and Productivity Through Movement: *The Emerging Role of Adjustability*. Atlas Ergonomics.
10. Sastra, I Gusti Putu Agung Dewangga Dharma. (2024). Gambaran Keluhan Muskuloskeletal pada Pegawai terhadap Posisi Kerja di Kantor Desa Buruan. *Medic Nutricia (Jurnal Ilmu Kesehatan)*, Vol. 2(4). 21-29.
11. Tarwaka. (2004). Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas. UNIBA Press, Universitas Islam Batik.
12. Aisha, A. N., Studi, P., Industri, T., & Industri, F.R. (2014). Office Ergonomics Assessment Pada. Office Ergonomics Assessment Pada Kantor Bank X,1, 68–74.
13. Kroemer, K. H. E. & A. D. (2001). Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency. Prentice Hall.
14. Dewi, Nur Fadilah (2020). Identifikasi Risiko Ergonomi Dengan Metode Nordic Body Map Terhadap Perawat Poli X. *Jurnal Sosial Humaniora Terapan*. Vol.2 (2), 125-134.

15. McAtamney, L, dkk (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99
16. Hignett, L. & McAtamney, L. (2002). Rapid Office Strain Assessment (ROSA): A new method for assessing office ergonomics. *Ergonomics*, 45(8), 683-696.
17. Syafiq, Nur., & Hayati, Eny Nur. (2020). Perancangan dan pengembangan alat pemotong *styrofoam* semi otomatis menggunakan metode RULA di desa kalisari. *Jurnal Dinamika Teknik*, 13(1), 43-52.
18. Singh, T., & Singh, J. (2014). Ergonomic evaluation of industrial tasks in Indian electronics industries. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(6), 295-300.
19. Andhika, A. D., Handoko, L., & Amrullah, H. N. Penilaian Penggunaan Fasilitas Kerja Menggunakan Metode Rapid Office Strain Assessment.
20. Andianingsari, Diah. (2022). Pengukuran ergonomi metode ROSA pada bagian CCR(finish mill) di PT X. *Imtechno*, 3(1), 42-45.
21. Tiogana, V., & Hartono, N. (2020). Analisis Postur Kerja dengan Menggunakan REBA dan RULA di PT X. *Journal of Integrated System*, 3(1), 9–25.
22. Sokhibi, A. (2017). Perancangan kursi ergonomis untuk memperbaiki posisi kerja pada proses packaging Jenang Kudus. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(1), 61–72.
23. Thandung, Debby., Lintong, Fransiska., & Supit Wenny. (2013). Tingkat radiasi elektromagnetik beberapa laptop dan pengaruhnya terhadap keluhan kesehatan. *Jurnal e-biomedik*, 1(2), 1058-1063.

Risiko Cemaran *Particulate Matter* 2.5 pada Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Particulate Matter 2.5 Contamination Risk Among Street Vendors On R.A Kartini Street, Tegal City

Ilhamnul Zain S N¹, Prabang Setyono¹, Siti Rachmawati¹

1. Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia

***Corresponding Author : Siti Rachmawati**

Email : siti.rachmawati@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Kontaminasi partikel PM_{2.5} dalam udara ambien dapat dihasilkan oleh kendaraan bermotor berbahan bakar fosil maupun aktivitas antropogenik pada daerah perkotaan khususnya Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Kontaminasi partikel tersebut menimbulkan suatu kekhawatiran terhadap kondisi kesehatan pedagang kaki lima dan kesehatan lingkungan di jalan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis konsentrasi dan tingkat risiko paparan agen risiko PM_{2.5} serta upaya pengelolaan berupa rekomendasi untuk memperbaiki atau mengurangi risiko paparan agen risiko PM_{2.5}. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif. Sampel subjek yang diambil sebanyak 30 responden menggunakan teknik *total sampling*. Sampel objek adalah udara ambien dari 3 titik di Jalan R.A Kartini Kota Tegal yang didapatkan melalui pengukuran langsung menggunakan alat *Particulate Counter CEM DT-9881*. Analisis data yang dilakukan menggunakan analisis univariat dan analisis risiko kesehatan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi PM_{2.5} dari 3 titik lokasi di Jalan R.A Kartini adalah 68,75 µg/m³ dan menghasilkan tingkat risiko yang dianggap aman untuk 7 orang pedagang yang memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg, sementara dianggap tidak aman untuk 23 orang pedagang dengan berat badan berkisar antara 42 kg hingga 68 kg. Konsentrasi PM_{2.5} yang didapatkan memiliki risiko gangguan kesehatan pada pedagang kaki lima sehingga diperlukan upaya pengelolaan risiko seperti penggunaan teknologi ATCS (*Area Traffic Control System*), mengenakan masker N95 sebagai Alat Pelindung Diri (APD), menerapkan sistem satu arah (SSA) di Jalan Kartini, pemantauan kualitas udara ambien berkala oleh Dinas Lingkungan Kota Tegal, mengurangi kebiasaan merokok pada pedagang kaki lima, dan mengatur ulang jam kerja sesuai nilai batas aman.

Kata Kunci : *Particulate Matter* 2.5; Pedagang Kaki Lima; Risiko Cemaran; Jalan R.A Kartini

ABSTRACT

Fossil fuel motorized vehicles and anthropogenic activities in urban areas especially Jalan R.A Kartini, Tegal City can produce various pollutants or emissions, one of which is in the form of dust or PM_{2.5} particulates in ambient air. The particles are feared to affect environmental health conditions and street vendors who sell around the road. The purpose of this study is to analyze the concentration and level of risk of exposure to PM_{2.5} risk agents and management efforts in the form of recommendations to improve or reduce the risk of exposure to PM_{2.5} risk agents. This research is a type of descriptive quantitative research. Subject samples were taken as many as 30 respondents using total sampling technique. The object sample was ambient air from 3 points on Jalan R.A Kartini Tegal City obtained through direct measurement using the Particulate Counter CEM DT-9881 tool. Data analysis was conducted using univariate analysis and environmental health risk analysis. The results showed that the average PM_{2.5} concentration from 3 location points on Jalan R.A Kartini was 68.75 µg/m³ and resulted in a risk level that was considered safe for 7 traders whose body weight reached ≥ 70 kg, while it was considered unsafe for 23 traders with body weight ranging from 42 kg to 68 kg. PM_{2.5} concentrations obtained have a risk of health problems in street vendors so that risk management efforts

are needed such as the use of Area Traffic Control System technology, wearing N95 masks as Personal Protective Equipment (PPE), implementing a one-way system on Jalan Kartini, periodic ambient air quality monitoring by the Tegal City Environmental Service, reducing smoking habits in street vendors, and resetting working hours according to safe limit values.

Keywords: Particulate Matter 2.5; Street Vendors; Pollution Risk; R.A Kartini Street

PENDAHULUAN

Udara ambien adalah udara bebas yang berada di permukaan lapisan troposfer pada suatu wilayah yurisdiksi Republik Indonesia dan berpengaruh penting bagi kehidupan khususnya makhluk hidup, kesehatan manusia, serta unsur lingkungan lainnya. Udara telah menjadi unsur penting bagi kehidupan manusia. Udara yang berada di atmosfer tersusun dari kandungan oksigen 21,94%, argon 0,93%, nitrogen 78%, argon 0,93%, karbon dioksida 0,032%, dan juga gas mulia lainnya¹. Selain gas, ada juga beberapa partikel lain yang terkandung dalam udara, misalnya *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5}), *Total Suspended Particulate* (TSP), dan *Particulate Matter* 10 (PM₁₀). Kualitas udara perlu dipelihara dan ditingkatkan supaya makhluk hidup dapat hidup secara optimal.

Sumber pencemar berupa emisi dan limbah seringkali menimbulkan permasalahan lingkungan yang dapat bersumber dari adanya aktivitas antropogenik manusia. Entropi akan selalu dihasilkan karena sesuai dengan asas lingkungan kedua bahwa sistem pengubah energi tidak dapat secara sempurna atau efisien dalam mengkonversi energi, sebagaimana yang diketahui bahwa aktivitas antropogenik merupakan sistem pengubah energi yang menghasilkan produk sampingan dengan tingkat energi yang lebih rendah sehingga tidak dapat digunakan kembali dalam sistem lainnya. Pada daerah perkotaan seringkali terjadi permasalahan lingkungan berupa pencemaran udara. Faktor tersebut dapat dipicu akibat dari tingginya tingkat urbanisasi sehingga terjadi peningkatan aktivitas transportasi². Kandungan zat fisik, kimia, dan biologi yang melebihi baku mutu dapat menimbulkan gangguan bagi kesehatan lingkungan maupun manusia.

Udara memiliki berbagai partikel pencemar yang terkandung di dalamnya, seperti partikel berdiameter kurang dari 10 µm (PM₁₀), *total suspended particulate* (TSP) dengan ukuran diameter partikel sampai dengan 100 µm, dan partikel berdiameter kurang dari

2.5µm (PM_{2.5}). Gas-gas pencemar udara dapat berupa nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), oksidan/ozon permukaan (O₃), dan karbon monoksida (CO)³. Sebesar 70% total pencemaran udara, kontribusi terbesarnya berasal dari sektor transportasi⁴. *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5}) merupakan partikel udara berwujud padat dengan diameter kurang dari 2.5 mikrometer. *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5}) masih menjadi suatu objek karena partikel tersebut dapat menyerang alveolus hingga masuk ke dalam pembuluh darah dan apabila terjadi secara jangka panjang dapat menimbulkan masalah saluran pernapasan⁵. Polusi udara telah menyebabkan kematian pada 7 juta dari 8 juta kematian non-aksidental⁶.

Kota Tegal adalah wilayah perkotaan yang berada di Provinsi Jawa Tengah dan memiliki wilayah seluas 38,68 km². Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kota Tegal Tahun 2022 Kota Tegal mengalami peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun meskipun tidak begitu signifikan⁷. Jumlah penduduk di Kota Tegal pada tahun 2020 mencapai 273.825 jiwa dan mengalami peningkatan pada tahun 2021 mencapai 275.781 jiwa serta laju pertumbuhan penduduk rata-ratanya mencapai angka 0,71%. Kepadatan penduduk di Kota Tegal mencapai kurang lebih 7.257/km² di tahun 2022. Semakin meningkat jumlah penduduk, maka mobilitas masyarakat berupa kebutuhan alat transportasi pun dapat meningkat pula. Hal ini dapat dibuktikan melalui data dari Badan Pusat Statistik tahun 2021-2022 dimana jumlah kendaraan di Kota Tegal pada tahun 2021 mencapai berjumlah 91.622 kendaraan dan jumlah kendaraan tahun 2022 mencapai 109.680 kendaraan sehingga tidak dipungkiri lagi keberadaannya dapat membawa permasalahan lingkungan sekitar berupa kepadatan lalu lintas⁷. Menurut penelitian dari Syari *et al* (2020), terdapat hubungan terkait jumlah kendaraan terhadap partikel PM₁₀ dan PM_{2.5} dengan korelasi sedang dan signifikan⁸. Ukuran PM_{2.5} yang sangat kecil dapat menjadi perhatian khusus apabila

terhirup, maka partikel ini dapat menembus masuk ke dalam alveoli sehingga terserap dan tersimpan dalam organ pernapasan paru-paru⁹.

Jalan R.A Kartini adalah salah satu jalan kota yang menghubungkan pemukiman ke berbagai fasilitas di Kota Tegal. Jalan ini hampir tiap waktu ramai karena letaknya yang berdekatan dengan sekolah, tempat perbelanjaan, maupun tempat kuliner. Jalan ini dapat ramai atau bahkan macet karena dilewati oleh berbagai jenis kendaraan baik mobil maupun motor disertai pembeli yang ramai. Hal tersebut tentunya menimbulkan risiko yang dapat mempengaruhi kondisi kesehatan lingkungan dan pedagang kaki lima akibat partikel debu yang terkandung dalam udara ambien, salah satunya PM_{2.5}. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yang berguna untuk mengetahui seberapa besar tingkat risiko akibat paparan partikulat PM_{2.5} hingga nantinya diketahui upaya yang perlu dilakukan oleh pedagang kaki lima dan pemerintah Kota Tegal untuk mengurangi risiko tersebut. Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan, maka perlu dilakukan penelitian mengenai Risiko Cemaran Partikulat PM_{2.5} pada Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis pemodelan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan yang dijabarkan secara deskriptif supaya dapat diketahui besaran tingkat risiko yang diterima oleh populasi tertentu akibat dari paparan agen risiko yang dapat berpengaruh pada kondisi kesehatan lingkungan sekitar. Jumlah sampel yang diambil pada penelitian ini berjumlah 30 orang pedagang kaki lima yang berdagang di pinggir jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Faktor risiko utama dari penelitian ini adalah PM_{2.5}. Data yang dikumpulkan berasal dari pengukuran konsentrasi PM_{2.5}, data antropometri, dan pola aktivitas. Wawancara dilakukan secara langsung menggunakan kuesioner. Pemilihan responden digunakan teknik *total sampling*. Kriteria responden di lokasi harus minimal satu tahun dan harus siap mengisi formulir persetujuan. Pengambilan sampel konsentrasi PM_{2.5} diukur secara langsung menggunakan alat *Particulate*

Counter CEM DT-9881 selama 24 jam berdasarkan “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup” dan SNI 19-7119.6-2005 mengenai penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien. Terdapat 3 titik pemantauan kualitas udara ambien PM_{2.5} yang dipilih sesuai SNI 19-7119.6-2005 berdasarkan area strategis, area dengan konsentrasi tinggi, dan arah angin. Sebanyak 30 sampel tersebar merata pada ketiga titik pemantauan dan hasil konsentrasi PM_{2.5} yang digunakan dalam perhitungan adalah hasil konsentrasi rata-rata keseluruhan titik pemantauan. Pengumpulan data antropometri dilakukan menggunakan pendataan melalui kuesioner yang terdiri dari keluhan penyakit, usia, berat badan, jenis kelamin, dan durasi kerja. Data penelitian dianalisis menggunakan analisis univariat untuk mendeskripsikan karakteristik responden dan analisis risiko kesehatan lingkungan untuk memperhitungkan tingkat risiko akibat paparan agen risiko PM_{2.5}. Analisis paparan agen risiko PM_{2.5} pada efek non-karsinogenik dapat dilakukan dengan memperhitungkan nilai *intake* menggunakan persamaan berikut ini.

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$$

Keterangan :

- I : Nilai intake atau asupan non-karsinogenik dalam satuan mg/kg/hari.
- C : Konsentrasi agen risiko pada media udara ambien (mg/m³).
- R : Laju inhalasi dewasa (0.83 m³/jam).
- t_E : Lama waktu paparan dalam satuan jam/hari.
- f_E : Lama frekuensi paparan dalam satuan tahun.
- Dt : Durasi paparan setiap tahun dalam satuan hari/tahun.
- Wb : Berat badan manusia dengan standar nilai *default* orang dewasa sebesar 55 kg dan anak-anak sebesar 15 kg.

T_{avg} : Periode waktu rata-rata pada jalur inhalasi pemajanan non-karsinogenik (lama kerja x 365 hari).

Stasiun 3	71,85	24	Melebihi baku mutu
Rata-Rata	68,75		

Karakterisasi risiko dapat dihitung melalui perbandingan antara nilai *intake* dengan nilai RfC atau nilai konsentrasi referensi yang dapat ditulis menggunakan persamaan berikut ini.

$$RQ = \frac{Intake (I)}{RfC}$$

Keterangan :

RQ : *Risk Quotient* (tingkat risiko)

I : Nilai *intake* non-karsinogenik (mg/kg/hari)

RfC : Nilai konsentrasi referensi dari suatu agen risiko (mg/kg/hari)

Tingkat risiko dapat dikatakan aman jika menghasilkan kriteria nilai *intake* kurang dari sama dengan RfC atau RQ kurang dari sama dengan 1, sedangkan dianggap tidak aman tingkat risikonya jika memiliki menghasilkan kriteria nilai *intake* lebih dari nilai RfC atau RQ lebih dari 1 sehingga diperlukan adanya tindak lanjut atau upaya manajemen risiko.

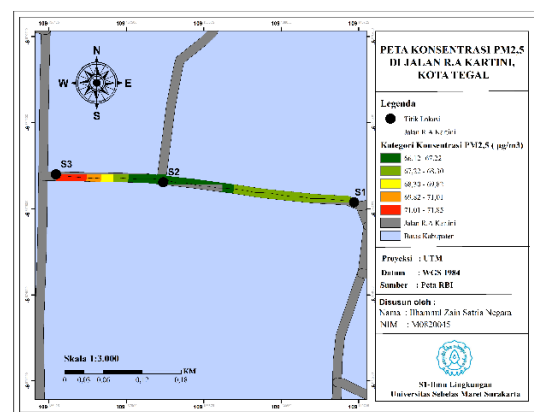
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Konsentrasi PM_{2.5} di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Hasil pengukuran konsentrasi *particulate matter* 2.5 (PM_{2.5}) menunjukkan nilai rata-rata sebesar 68,75 µg/m³. Hasil tersebut telah melebihi nilai baku mutu PM_{2.5} yang telah ditetapkan oleh “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan”, yaitu sebesar 55 µg/m³ selama 24 jam¹⁰. Kondisi konsentrasi PM_{2.5} dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi PM_{2.5}

Lokasi	Konsentrasi PM _{2.5} (µg/m ³)	Lama Pengukuran (jam)	Baku mutu PM _{2.5} (55 µg/m ³)
Stasiun 1	68,30	24	Melebihi baku mutu
Stasiun 2	66,12	24	Melebihi baku mutu



Gambar 1. Kondisi Konsentrasi PM_{2.5} di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal
Sumber : Primer, 2024

Pada titik lokasi 2 didapatkan hasil lebih rendah dari titik lainnya sebesar 66,12 µg/m³ dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologis, yaitu hujan. Kondisi konsentrasi PM_{2.5} dapat mengalami penurunan setelah turunnya hujan karena partikel debu khususnya PM_{2.5} dapat terdeposisi atau mengendap ke permukaan tanah, air, dan bangunan¹¹. Pernyataan dari Radulescu *et al* (2015) juga menjelaskan bahwa konsentrasi polutan menjadi menurun ketika kondisi cuaca memasuki musim penghujan karena konsentrasi polutan terdeposisi¹². Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ahmad & Santoso, 2016) menjelaskan bahwa konsentrasi partikulat PM_{2.5} dapat berkurang karena pengaruh musim yaitu musim hujan yang menyebabkan partikulat PM_{2.5} terperangkap dalam butiran air hujan¹³. Faktor meteorologis dapat mempengaruhi konsentrasi PM_{2.5} karena sifatnya yang mampu melarutkan, mendifusi, dan memberikan akumulasi polutan di udara¹⁴. Banyaknya jumlah tanaman hijau pada titik lokasi ini juga menyebabkan konsentrasi PM_{2.5} lebih rendah karena fungsinya sebagai peredam polutan udara¹⁴. Tanaman yang ditemui pada lokasi tersebut ialah glodokan tiang (*Polyaltea longifolia*) dan angsana (*Pterocarpus indica*) yang fungsinya sebagai tanaman peneduh¹⁵. Glodokan tiang (*Polyaltea longifolia*) memiliki ciri akar yang memanjang, bertajuk tinggi dan mengerucut, sebagai tanaman pengarah pandang, dan penyerap polutan debu¹⁵. Angsana

(*Pterocarpus indica*) memiliki ciri kulit batangnya mengelupas besar, mempunyai banir, getahnya berwarna kemerahan, bertajuk lebar dan menyebar, disertai daun yang berbentuk bulat dan mengkilap¹⁶. Glodokan tiang (*Polyaltea longifolia*) memiliki kemampuan menjerap debu sebesar $3,8 \times 10^{-4}$ gr/cm², sedangkan angšana (*Pterocarpus indica*) memiliki kemampuan menjerap debu sebesar $7,8 \times 10^{-6}$ gr/cm^{2(17,18)}.

Pada titik lokasi 3 didapatkan hasil tertinggi dibandingkan titik lokasi lainnya, sebesar 71,85 µg/m³. Berdasarkan kondisi saat penelitian dilakukan, titik lokasi 3 merupakan titik paling padat karena ada peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang melintas masuk ke jalan R.A Kartini yang berasal dari jalan lain yaitu jalan A.R Hakim dan jalan Ahmad Yani. Kondisi kendaraan bermotor yang berhenti di lampu merah dapat meningkatkan konsentrasi PM_{2.5} karena kondisi kendaraan berhenti, tetapi dengan keadaan mesin yang masih menyala¹⁹. Menurut Reffiane *et al* (2012), berbagai zat berbahaya dapat dikeluarkan oleh kendaraan dan dilepas ke udara bebas, bahkan dapat menyumbang *Suspended Particulate Matter* (SPM) sekitar 13-44%.²⁰ Dalam PM_{2.5} terdapat unsur logam berat berupa timbal (Pb) hasil dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor²⁰. Kondisi lain yang dapat memicu timbulnya peningkatan terhadap konsentrasi PM_{2.5} pada lokasi ini ialah kebiasaan merokok, kegiatan memasak dengan cara dibakar, dan kurangnya tanaman hijau. Sama halnya dengan pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, kebiasaan merokok yang menghasilkan asap rokok juga mengandung unsur logam berat timbal (Pb) yang menjadi salah satu komponen penyusun PM_{2.5}²¹. Kandungan timbal (Pb) berlebih dapat menimbulkan masalah kesehatan seperti anemia, perkembangan kognitif yang buruk, dan penurunan terhadap imunitas tubuh. Kurangnya tanaman hijau pada lokasi ini juga dapat menjadi penyebab terhadap peningkatan konsentrasi PM_{2.5} karena fungsinya sebagai peredam polutan udara. Penanaman tanaman hijau yang semestinya layak ditanam dan memiliki fungsi yang sesuai karena memiliki ketahanan tinggi dalam menjerap debu dan menyerap unsur timbal (Pb) di udara ambien

daerah perkotaan, yaitu tanjung (*Mimusops elengi*), meranti merah (*Shorea johorensis Foxw*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), kenari (*Canarium indicum L.*), kiara payung (*Fillicium decipiens*), angšana (*Pterocarpus indica*), kayu hitam (*Diospyros celebica*), dan (*Polyaltea longifolia*)²².

2. Identifikasi Bahaya

Keberadaan PM_{2.5} di jalan R.A Kartini tidak lepas dari lalu lintas kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang melintas di jalan tersebut, yaitu bus besar, mobil pribadi, truk, mobil *box*, sepeda motor, dan mobil *pick up*. Menurut penelitian dari (Ahmad, 2023) menjelaskan bahwa beberapa kegiatan yang dilakukan oleh manusia dan dapat berkontribusi meningkatkan konsentrasi PM_{2.5} yaitu kendaraan bermotor, kegiatan memasak, menyapu, dan merokok²³.

Partikulat PM_{2.5} merupakan suatu agen risiko yang digolongkan berbahaya atau berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat sekitar apabila konsentrasinya tinggi²⁴. Berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner terhadap pedagang kaki lima dapat diketahui beberapa keluhan penyakit akibat pajanan agen risiko PM_{2.5} di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Keluhan Penyakit Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Gejala Penyakit	Tidak	Ya	Frekuensi (Ya)
Kulit terasa gatal	23	7	23%
Mata berwarna kemerahan dan terasa gatal	24	6	20%
Mengalami pilek, bersin-bersin, dan hidung terasa gatal	11	19	63%
Tenggorokan gatal, perih, dan kering	22	8	26%
Sesak napas	28	2	6%
Nyeri otot	15	15	50%
Nyeri kepala	20	10	30%
Nyeri di bagian dada dan demam	25	5	16%
Batuk berdahak	20	10	30%

Penurunan kebugaran jasmani	22	8	26%
-----------------------------	----	---	-----

Berdasarkan tabel 2, hasil identifikasi keluhan penyakit yang dialami oleh 30 orang pedagang kaki lima ternyata selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitria (2016) yang menyebutkan bahwa gejala-gejala penyakit yang timbul akibat pajanan debu yaitu merasakan sakit tenggorokan, mengalami sesak napas, terjadi iritasi kulit, iritasi mata, dan mudah merasakan lelah karena penurunan kebugaran jasmani²⁵. Beberapa gangguan pernapasan lainnya berupa nyeri otot, nyeri kepala, dan nyeri dada. Pedagang kaki lima akan lebih berisiko mengalami gangguan pernapasan akibat terpapar oleh debu²⁶. Hasil keluhan penyakit yang berhasil diidentifikasi tersebut sesuai dengan pernyataan dari Nurmayanti *et al* (2022) yang menyatakan bahwa masalah atau keluhan gangguan pernapasan yang timbul merupakan respon dari kekebalan tubuh akibat masuknya partikel asing ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan²⁶. Partikel debu yang terhirup secara terus-menerus dapat menimbulkan fibrosis dan kerusakan paru-paru²⁷.

3. Analisis Dosis-Respon

Penentuan nilai konsentrasi referensi atau RfC berguna untuk mengetahui nilai toksisitas suatu agen risiko dari PM_{2.5}. Nilai konsentrasi referensi atau RfC untuk PM_{2.5} dapat diketahui melalui turunan dari “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021” sebesar 55 µg/m³ untuk baku mutu PM_{2.5}. Nilai RfC diturunkan sehingga penentuan nilai RfC dapat dilakukan perhitungan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Maksum & Tarigan, 2022) sehingga dihasilkan nilai RfC untuk PM_{2.5} sebesar 0,0045 mg/kg/hari²⁸. Penentuan nilai RfC dapat menggunakan rumus :

$$C_{nk} \times R \times t_E \times f_E \times Dt$$

$$RfC : \frac{C_{nk} \times R \times t_E \times f_E \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$$

4. Analisis Pajanan

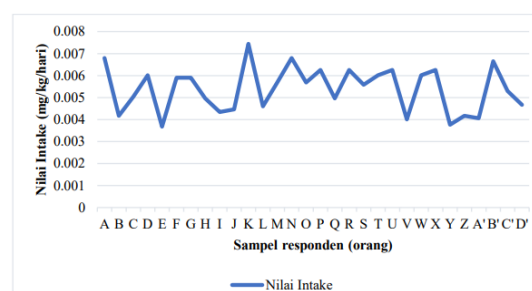
Perhitungan nilai *intake* atau asupan merupakan suatu cara untuk melakukan analisis terhadap nilai pajanan pada pedagang kaki lima yang terpapar langsung oleh agen risiko PM_{2.5}. Variabel nilai *intake* didapatkan melalui perkalian nilai C yang diperoleh dari nilai

konsentrasi rata-rata PM_{2.5} dan memasukkan data-data antropometri dan pola aktivitas yang terdiri dari frekuensi pajanan (f_E), laju asupan (R), berat badan (Wb), waktu pajanan (t_E), durasi pajanan (Dt), dan periode waktu rata-rata (t_{avg}). Data antropometri pada analisis pajanan ini diperoleh melalui hasil wawancara dan kuesioner pedagang kaki lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Penyajian data antropometri yang telah diidentifikasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Berat Badan (Wb) pada Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Sampel	Wb (kg)	Sampel	Wb (kg)
A	46	P	50
B	75	Q	63
C	62	R	50
D	52	S	56
E	85	T	52
F	53	U	50
G	53	V	78
H	63	W	52
I	72	X	50
J	70	Y	83
K	42	Z	75
L	68	A'	77
M	55	B'	47
N	46	C'	59
O	55	D'	67
Rata-rata (kg)		60,2	

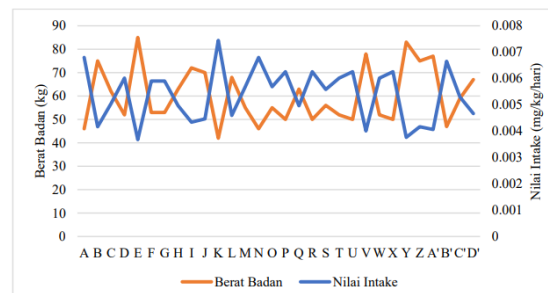
Nilai dari parameter kondisi eksisting yang sudah diketahui, kemudian dapat dilakukan perhitungan nilai *intake* non-karsinogenik pada agen risiko PM_{2.5} secara *realtime*. Berikut grafik hasil perhitungan nilai *intake* non-karsinogenik pedagang kaki lima dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Grafik Hasil Perhitungan Nilai *Intake* Non-Karsinogenik Pedagang Kaki Lima
Sumber : Primer, 2024

Berdasarkan gambar 2, dapat diketahui

secara keseluruhan terkait nilai *intake* atau asupan non-karsinogenik dari 30 responden mulai dari responden A sampai dengan D'. Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel pedagang berlabel E dengan berat badan mencapai 85 kg dan lama durasi kerjanya 1 tahun ternyata memiliki nilai asupan non-karsinogenik terendah sebesar 0,0038 mg/kg/hari. Sampel pedagang berlabel K dengan berat badan sebesar 42 kg dan lama durasi kerjanya 1 tahun merupakan sampel dengan nilai asupan non-karsinogenik tertinggi mencapai 0,0074 mg/kg/hari. Hasil perhitungan rata-rata juga menghasilkan nilai berat badan (Wb) rata-rata sebesar 60,2 kg dan lama durasi kerja (Dt) rata-rata selama 5 tahun sehingga nilai asupan non-karsinogenik rata-ratanya adalah 0,0053 mg/kg/hari. Menurut hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, pedagang berlabel J bekerja dengan durasi yang lebih lama daripada pedagang berlabel I, tetapi dengan berat badan yang lebih kecil daripada pedagang berlabel I mempunyai nilai asupan non-karsinogenik lebih tinggi dibandingkan nilai asupan non-karsinogenik yang diterima oleh pedagang berlabel I. Apabila dilakukan perbandingan lain antara pedagang berlabel K yang memiliki durasi kerja yang sama dengan pedagang berlabel E dan berat badannya lebih kecil dibandingkan pedagang berlabel E, akan tetapi hasil perhitungan menunjukkan nilai asupan non-karsinogenik pada pedagang berlabel K dinyatakan lebih besar dibandingkan dengan pedagang berlabel E. Temuan yang didapatkan menunjukkan bahwa adanya efek yang cukup signifikan terhadap berat badan (Wb) dibandingkan dengan durasi kerja (Dt) terhadap hasil nilai asupan non-karsinogenik. Pernyataan tersebut sesuai temuan dari Nur *et al* (2021) yang menyebutkan adanya suatu hubungan keterbalikan antara berat badan (Wb) terhadap nilai asupan non-karsinogenik yang diterima seseorang²⁹. Berat badan dengan nilai asupan non-karsinogenik ternyata memang memiliki korelasi yang saling berkaitan sesuai yang digambarkan pada grafik berikut.



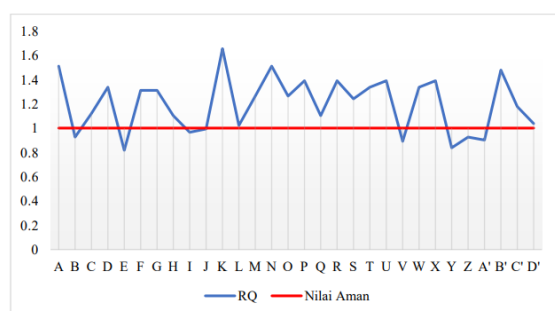
Gambar 3. Grafik Korelasi Nilai Asupan dengan Nilai Besar Berat Badan Pedagang Kaki Lima

Berdasarkan gambar 3, dapat dilihat suatu hubungan yang berbanding terbalik antara berat badan dengan nilai *intake* non-karsinogenik pada sejumlah pedagang kaki lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Gambar tersebut menjelaskan bahwa risiko kesehatan yang diterima oleh pedagang kaki lima akan semakin kecil jika berat badannya semakin besar sehingga dapat disimpulkan antara berat badan (Wb) ternyata memiliki korelasi terbalik dengan nilai asupan. Temuan dari (Darmawan, 2018) juga menyatakan bahwa terdapat keterkaitan antara berat badan dengan nilai *intake* yang memiliki hubungan keterbalikan, dimana semakin besar berat badan seseorang maka risiko kesehatan yang diterima akan semakin kecil atau aman terhadap polutan udara.³⁰ Kejadian tersebut dapat disebabkan oleh adanya penurunan kapasitas paru-paru yang membuat nilai *intake* pada responden dengan berat badan besar menjadi menurun³¹. Menurut Putri *et al* (2022), menjelaskan bahwa seseorang dengan kapasitas paru-paru lebih kecil dapat membuat sistem pernapasannya menjadi lebih berat³². Penelitian dari (Saminan, 2019) menjelaskan lebih lanjut bahwa fenomena tersebut dapat dikaitkan dengan adanya penumpukan massa lemak yang dapat meningkatkan elastisitas dan beban kerja pada otot-otot pernapasan³³. Sesuai konsep analisis risiko bahwa risiko kesehatan seseorang akibat agen risiko pencemar dapat menjadi semakin kecil jika seseorang memiliki berat badan yang semakin besar karena seseorang dengan berat badan yang besar tentunya memiliki nutrisi tubuh lebih banyak sehingga lebih tahan dibandingkan seseorang dengan berat badan kecil³⁴. Menurut penelitian dari Lan *et al* (2023) mengemukakan bahwa aktivitas tangan ke

mulut pada anak-anak dapat menyebabkan terjadinya peningkatan terhadap nilai asupan hariannya sehingga menjadi lima kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa³⁵.

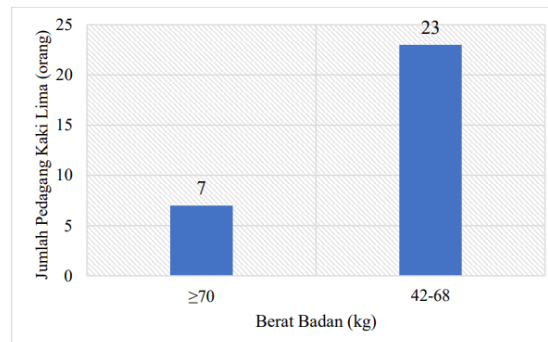
5. Karakterisasi Risiko

Tahapan karakterisasi risiko ini berguna untuk menentukan besaran tingkat risiko pada suatu populasi yang diukur berdasarkan hasil dari nilai asupan non-karsinogenik yang dibandingkan dengan nilai konsentrasi referensi (RfC) suatu agen risiko. Perhitungan karakterisasi risiko yang dinotasikan dalam bentuk RQ (*Risk Quotient*) dapat dilihat melalui gambar berikut ini.



Gambar 4. Grafik Perhitungan Nilai Karakterisasi Risiko Pedagang Kaki Lima
Sumber : Primer, 2024

Dapat dilihat pada gambar 4 yang menunjukkan tingkat risiko (RQ) yang tersebar pada 30 pedagang kaki lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Jalur pemajanan dengan efek non karsinogenik memiliki kriteria tersendiri dimana tingkat risiko dianggap tidak aman jika nilai dari *Risk Quotient* (RQ) lebih besar dari 1 dan dianggap tidak aman jika tingkat risikonya atau RQ kurang dari sama dengan 1³⁶. Pada gambar 4, nilai aman dilambangkan dengan angka 1 dengan garis berwarna merah sebagai ambang batasnya. Dilihat dari gambar 4, menunjukkan bahwa terdapat sejumlah pedagang yang tergolong aman dengan tingkat risiko (RQ) di bawah angka 1 dan sejumlah pedagang yang tergolong tidak aman dengan tingkat risiko (RQ) di atas angka 1. Tingkat risiko (RQ) juga memiliki keterkaitan dengan parameter berat badan yang signifikan, sama halnya dengan nilai *intake*. *Risk Quotient* (RQ) dapat diukur berdasarkan nilai berat badan pedagang yang dapat digambarkan menggunakan grafik berikut ini.



Gambar 5. Klasifikasi *Risk Quotient* (RQ) Berdasarkan Berat Badan Pedagang Kaki Lima

Dapat dilihat gambar 5, menunjukkan bahwa pedagang dengan *Risk Quotient* (RQ) yang dianggap aman sebanyak 7 orang dan pedagang yang termasuk dalam *Risk Quotient* (RQ) yang dianggap tidak aman terdapat sebanyak 23 orang. Kategori pedagang dengan tingkat risiko aman memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg dengan nilai tingkat risiko (RQ) berkisar 0,9174 sampai dengan 0,9926, dikarenakan nilai RQ masih di angka wajar yakni kurang dari satu, maka dari itu dapat dikatakan memiliki tingkat risiko aman. Kategori pedagang dengan tingkat risiko tidak aman memiliki berat badan berkisar 42 kg hingga 68 kg dengan nilai tingkat risiko (RQ) mencapai 1,029 sampai dengan 1,654, dimana nilai tingkat risiko (RQ) tersebut sudah melebihi satu sehingga tingkat risikonya dikategorikan tidak aman. Menurut Nur *et al* (2021) telah dijelaskan bahwa apabila nilai berat badan semakin besar, maka semakin kecil pula tingkat risiko yang akan diterima seseorang³⁷. Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai tingkat risiko (RQ) pada jalur pemajanan inhalansi untuk efek non karsinogenik dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai angka $68,75 \mu g/m^3$, maka kriteria pedagang yang dianggap memiliki tingkat risiko kesehatan aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja selama 8 jam/hari, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg, dan memiliki durasi kerja selama 5 tahun. Sedangkan, kriteria pedagang yang dianggap memiliki tingkat risiko kesehatan tidak aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja selama 8 jam/hari, frekuensi pajanan selama

bekerja sebesar 250 hari/tahun, memiliki berat badan dengan kisaran antara 42 kg hingga 68 kg, dan memiliki durasi kerja selama 5 tahun disertai nilai RQ melebihi 1 yakni sebesar 1,198. Menurut (Meita, 2012), menyebutkan bahwa terdapat beberapa faktor pendukung lainnya yang dapat mempengaruhi hasil dari karakterisasi risiko, diantaranya jenis kelamin, umur, riwayat penyakit paru-paru, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga responden, status gizi, dan masa kerja³⁸. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan terkait hubungan gangguan fungsi paru terhadap lama masa kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), dan faktor usia seseorang³⁹.

6. Pengelolaan Risiko

Menurut Nur et al (2021), strategi

Tabel 4. Penentuan Batas Aman dalam Strategi Pengelolaan Risiko

Parameter	Nilai aman	Nilai Aman Ekuivalen
Wb aman	74,9885 kg	≈ 75 kg
f _{Enk} aman	200,69744 hari/tahun	≈ 200 hari/tahun
t _{Enk} aman	6,422 jam/hari	≈ 6,4 jam
C _{nk} aman	0,0551 mg/m ³	≈ 55,2 µg/m ³
D _{tnk} aman	4,014 tahun	≈ 1465 hari atau 209 minggu

pengelolaan risiko dan cara pengelolaan risiko merupakan dua langkah yang dapat diterapkan sesuai dengan kondisi lingkungannya³⁷. Adapun dalam melakukan strategi pengelolaan risiko perlu mengetahui terlebih dahulu beberapa parameter yang mampu mempengaruhi besarnya risiko sehingga parameter tersebut perlu ditentukan nilai batas amannya. Nilai batas aman merupakan nilai batas atas dari suatu parameter supaya benar-benar dianggap aman sehingga harus berada di bawah batas tersebut atau tidak boleh melebihi nilai batas atasnya, sedangkan khusus nilai berat badan aman merupakan batas bawahnya sehingga akan dianggap tidak aman risikonya jika nilainya lebih rendah dari batas yang telah ditentukan. Penentuan nilai batas aman dapat dilihat pada tabel berikut.

Penentuan cara pengelolaan risiko merupakan langkah berikutnya setelah melakukan penentuan strategi pengelolaan risiko. Menurut (Kemenkes, 2012), cara pengelolaan risiko dapat disajikan dalam bentuk tabel sederhana sehingga dapat memudahkan siapa saja yang ingin memahami terkait konsep analisis risiko⁴⁰. Pendekatan pada tahapan cara pengelolaan risiko dapat dilakukn secara holistik menggunakan pendekatan teknologi, sosio-ekonomi, dan institusional.

Tabel 5. Cara Pengelolaan Risiko

Pengelolaan	Alternatif Pendekatan		
	Teknologi	Sosio-Ekonomi	Institusional
Pengurangan nilai konsentrasi agen risiko pencemar hingga berada di bawah batas aman	Menggunakan teknologi ATCS (<i>Area Traffic Control System</i>) di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal ⁴¹ .	Menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) berupa masker N95 ketika berjualan ¹⁴ .	Dinas Lingkungan Hidup Kota Tegal atau instansi pemerintah terkait, rutin melakukan
		Mengurangi kebiasaan merokok oleh pedagang kaki lima ²⁶ .	pemantauan kualitas udara agar sesuai baku mutunya dan melakukan evaluasi
		Pedagang kaki lima dapat melakukan <i>Medical Check Up</i> (MCU) di puskesmas Kota Tegal seperti pemeriksaan paru-paru maupun Indeks Massa	sesuai kebijakan pemerintah sesuai “Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021.” Membuat kebijakan untuk menerapkan

		Tubuh (IMT) ⁴² .	manajemen rekayasa sistem satu arah (SSA) di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal ⁴³ . Melakukan penyiraman secara rutin yang dilakukan oleh Dinas Kebersihan Kota Tegal pada badan jalan karena air mampu mengikat partikel debu sehingga dapat mengurangi risiko paparan debu ⁴⁴ .
Pengurangan waktu terpajan hingga di bawah batas aman	Tidak ada	Mengatur ulang jam kerja pedagang sesuai dengan batas waktu aman pajanan (t_E) yaitu 6,4 jam/hari.	Tidak ada
Pengurangan frekuensi terpajan hingga di bawah batas aman	Tidak ada	Mengatur ulang frekuensi kerja pedagang sesuai dengan batas frekuensi pajanan aman (f_E) yaitu 200 hari/tahun.	Tidak ada
Penyesuaian berat badan pedagang hingga sesuai batas aman	Tidak ada	Pedagang kaki lima dapat melakukan <i>Medical Check Up</i> (MCU) di puskesmas Kota Tegal seperti pemeriksaan paru-paru maupun Indeks Massa Tubuh (IMT) ⁴² .	Tidak ada

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa 1) hasil rata-rata konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal melebihi nilai baku mutu, yaitu sebesar $68,75 \mu g/m^3$ yang artinya berisiko dan mencemari lingkungan, 2) Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai tingkat risiko (RQ) pada jalur pemajanan inhalansi untuk efek non karsinogenik dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai angka $68,75 \mu g/m^3$, maka kriteria pedagang yang dianggap memiliki tingkat risiko kesehatan aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja sebesar 8 jam/hari, memiliki durasi kerja selama 5 tahun, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, dan memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg. Sedangkan, kriteria pedagang yang dianggap

memiliki tingkat risiko kesehatan tidak aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja sebesar 8 jam/hari, memiliki durasi kerja selama 5 tahun, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, dan memiliki berat badan dengan kisaran antara 42 kg hingga 68 kg. Hasil perhitungan rata-rata juga menunjukkan kategori tingkat risiko yang tidak aman untuk pedagang dengan usia dewasa yang memiliki lama waktu pajanan selama bekerja sebesar 8 jam/hari, durasi kerja selama 5 tahun, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, dan berat badan sebesar 60,2 kg. 3) Upaya pengelolaan risiko yang direkomendasikan, yaitu penggunaan teknologi ATCS (*Area Traffic Control System*), disarankan pedagang mengenakan masker N95 sebagai Alat Pelindung Diri (APD),

menerapkan sistem satu arah (SSA) di Jalan Kartini, pemantauan kualitas udara ambien berkala oleh Dinas Lingkungan Kota Tegal, mengurangi kebiasaan merokok pada pedagang kaki lima, penyiraman jalan secara rutin oleh Dinas Kebersihan Kota Tegal, dan mengatur ulang jam kerja sesuai nilai batas aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Kota Tegal yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu selama proses penelitian berlangsung hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pratiwi T, Junaidi, As ZA. Pengaruh Jarak Sumber Pencemar Terhadap Kadar Sulfat (SO_4) Pada Debu Terendap Di Sepanjang Jalan Angkut Batubara. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2020;14(2):533–540. <https://doi.org/10.31964/jkl.v14i2.74>
2. Anwar AC, Mudiyo R, Soedarsono S. Evaluasi Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Di Cbd Kota Semarang Dengan Aplikasi Contram. *Rang Teknik Journal*. 2023;6(2):37–47. <https://doi.org/10.31869/rjt.v6i2.3661>
3. Rita, Lestiani DD, Hamonangan E, Santoso M, Yulinawati H. Kualitas Udara (PM_{10} Dan $\text{PM}_{2.5}$) Untuk Melengkapi Kajian Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. *Ecolab*. 2016; 10(1):1–48.
4. Yusrianti. Studi Literatur Tentang Pencemaran Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Kota Surabaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2015;1(1):11–20. <https://doi.org/10.29080/alard.v1i1.29>
5. Nida O : Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Particulate Matter 2.5 ($\text{PM}_{2.5}$) Pada Pedagang Tetap Di Terminal Tanjung Raja Kabupaten Ogan Ilir. 2022 UNSRI. 2022;
6. Rahmadini AD, Haryanto B. Paparan Particulate Matter 2,5 ($\text{PM}_{2.5}$) Terhadap Gejala Penyakit Paru Obstruktif (PPOK) Kronis Eksaserbasi Akut Pada Pekerja Di Pelabuhan Tanjung Priok, 2018. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*. 2020; 1(1): 17–26.
7. Badan Pusat Statistik. *Kota Tegal dalam Angka Tegal Municipality In Figures*; 2022.
8. Syari O, Yanti LS, Fitriada W. Analisis Hubungan Karakteristik Lalu Lintas dengan Konsentrasi PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ di Udara Ambien Jalan Prof. Dr. Hamka Kota Padang. In *Jurnal Sains dan Teknologi*. 2020
9. Rachmawati S, Suryadi I, Juherah J, Rivai A, Fitriani N, Firmansyah F, Ratun RZ. Impact of PM_{10} Exposure and Socio-Demographic Aspect With Lung Function Disorders. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2023; 19(1); 129-137. <https://doi.org/10.15294/kemas.v19i1.42953>
10. Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2021
11. Sembiring E. Risiko Kesehatan Paparan $\text{PM}_{2.5}$ Di Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima Di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2020;26(1):101–120.
12. Radulescu C, Iordache S, Dunea D, Stihi C, Dulama ID. Risks Assessment of Heavy Metals on Public Health Associated with Atmospheric Exposure to $\text{PM}_{2.5}$ in Urban Area. *Article in Romanian Journal of Physics*. 2015;60(7–8): 1–12.
13. Ahmad EF, Santoso M. Analisis Karakterisasi Konsentrasi dan Komposisi Partikulat Udara (Studi Case : Surabaya). *Jurnal Kimia VALENSI*. 2016;2(2):97–103. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3602>
14. Pangestika R, Wilti IR. Karakteristik Risiko Kesehatan Non-Karsinogenik Akibat Paparan $\text{PM}_{2.5}$ di Tempat-Tempat Umum Kota Jakarta. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2021; 20(1): 7–14. <https://doi.org/10.14710/jkli.20.1.7-14>
15. Chanda S, Nair R. Antimicrobial Activity of *Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thw. var. *Pendula* Leaf Extracts Against 91

- Clinically Important Pathogenic Microbial Strains. *Chinese Medicine*. 2010;1(2):31–38.
<https://doi.org/10.4236/cm.2010.12006>
16. Prasetyo RN, Peran SB, Bakri S. Analisis Kesesuaian Fungsi Pohon Dan Model Arsitekturnya Di Rumah Sakit Idaman Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scientiae*. 2021;4(1): 138–151.
<https://doi.org/10.20527/jss.v4i1.3102>
 17. Rahmadhani S, Yuwono SB, Setiawan A, Banuwa IS. Pemilihan Jenis Pohon Menjerap Debu di Median Jalan Kota Bandar Lampung. *Jurnal Belantara*. 2019;2(2):134–141.
<https://doi.org/10.29303/jbl.v2i2.181>
 18. Gunawan S, Karyati, Syafrudin M. Kandungan Polutan Pada Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Wild.) Di Kota Samarinda. *Jurnal Riset Pembangunan*. 2021; 3(2): 46–54.
<https://doi.org/10.36087/jrp.v3i2.72>
 19. Ardian KAY. Hubungan Paparan Debu Dan Lama Paparan Dengan Gangguan Faal Paru Pekerja Overhaul Power Plant. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. 2015; 4(2):155–166.
<https://doi.org/10.20473/ijosh.v4i2.2015.155-166>
 20. Reffiane F, Arifin MN, Santoso B. Dampak Kandungan Timbal (Pb) Dalam Udara Terhadap Kecerdasan Anak Sekolah Dasar. *MALIH PEDDAS (Majalah Ilmiah Pendidikan Dasar)*. 2012;1(2): 96–107.
<https://doi.org/10.26877/malihpeddas.v1i2.305>
 21. Ardillah Y. Faktor Risiko Kandungan Timbal Di Dalam Darah. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 2016;7(3):150–155.
<https://doi.org/10.26553/jikm.2016.7.3.150-155>
 22. Susilo A. Studi Tentang Keragaman Hayati Tanaman Dan Perannya Dalam Mengeliminir Pencemaran Udara. *AGRI-TEK: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*. 2022;23(1): 33–39.
<https://doi.org/10.33319/agtek.v23i1.113>
 23. Ahmad Z : Analisis Konsentrasi PM₁₀, PM_{2.5}, Dan PM₁ Pada Ruang Publik (Studi Kasus: Kawasan Pantai Purus Padang). 2023 UNAND. 2023;
 24. Serlina Y, Bachtiar VS, Putra I. Analisis Konsentrasi *Particulate Matter* 2,5 di Udara Ambien dan Rekomendasi Tanaman Pereduksi PM_{2.5} di Perumahan Unand Blok B, Ulu Gadut, Kota Padang. *JSE : Jurnal Serambi Engineering*. 2023; 8(4): 7516–7524.
 25. Fitria N. Gambaran Partikel Debu PM_{2.5} Dengan Keluhan Kesehatan Pada Karyawan Perpustakaan Kampus B Universitas Airlangga. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2016;8(2): 206–218.
 26. Nurmawati D, Mufazizah D, Suryono H, Winarko, Widodo S. Pengaruh Kadar Debu Terhadap Keluhan Pernapasan pada Karyawan Bagian Produksi Pakan Ternak. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 2022; 13(4); 957–962.
<http://dx.doi.org/10.33846/sf13413>
 27. Suryadi I, Widjanarti MP, Wardani TL, Fajarani R, Rachmawati S. Lung Capacity Determinant Tirtonadi Bus Station Workers in Surakarta. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (2020; 448(1); 1–7. 10.1088/1755-1315/448/1/012014
 28. Maksum TS, Tarigan SFN. Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Partikel Debu (PM_{2.5}) Dari Aktivitas Transportasi. *Jambura Health and Sport Journal*. 2022;4(1).
<https://doi.org/10.37311/jhsj.v4i1.13447>
 29. Nur E, Muslim B, Zicof E. Risiko Paparan Bahan Pencemar Terhadap Pekerja Pengecatan Mobil Di PT. Steelindo Motor Kota Padang. *Jurnal Sehat Mandiri*. 2021;16.
<https://doi.org/10.33761/jsm.v16i1.330>
 30. Darmawan R. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kadar NO₂ Serta Keluhan Kesehatan Petugas Pemungut Karcis Tol. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2018;10(1):116–126.
 31. Wijaya SD, Rachmawati S, Sunarto. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan dengan *Total Suspended Particulate* Sebagai *Risk Agent* di Area Produksi Industri Manufaktur (Studi Kasus PT X Sukoharjo Jawa Tengah). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2024; 22(3):679–686.
<https://doi.org/10.14710/jil.22.3.678-686>
 32. Putri DA, Rosyada A, Lionita W, Sari DM, Hepiman F, Islamiati D. Analisis

- Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Karbon Monoksida (CO) Pada Pedagang Sate di Palembang. *Jurnal Kesehatan Komunitas*. 2022; 8(1): 135–140. <https://doi.org/10.25311/keskom.vol8.iss1.1084>
33. Saminan. Efek Kelebihan Berat Badan Terhadap Pernafasan Saminan. *Jurnal Kedokteran Nanggroe Medika*. 2019;2(4):27–33.
34. Mallongi, Bustan MN, Juliana N, Herawati. Risks Assessment due to the Exposure of Copper and Nitrogen Dioxide in the Goldsmith in Malimongan Makassar. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018; 1028(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012036>
35. Lan T, Chen S, Zhang Y, Gan Z, Su S, Ding S, Sun W. Occurrence, ecology risk assessment and exposure evaluation of 19 anthelmintics in dust and soil from China. *Chemosphere*. 2023; 334.
36. Nurfadillah AR, Petasule S. Environmental Health Risk Analysis (SO₂, NO₂, Co and TSP) In The Bone Bolango Area Road Segment. *Journal Health And Science ; Gorontalo Journal Health & Science Community*. 2022;6(1):76–89. <https://doi.org/10.35971/gojhes.v5i3.13544>
37. Nur E, Seno BA, Hidayanti R. Risiko Gangguan Kesehatan Masyarakat Akibat Paparan PM₁₀ di Kota Padang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2021;20(2):97–103. <https://doi.org/10.14710/jkli.20.2.97-103>
38. Meita AC. Hubungan Paparan Debu Dengan Kapasitas Vital Paru Pada Pekerja Penyapu Pasar Johar Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2012;1(2):654–662.
39. Rachmawati S, Suryadi I, Lutfiani L. Individual characteristics and concentration of ricemilling dust with lung vital capacity disorders. In *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2683 (1). <https://doi.org/10.1063/5.0125409>
40. Direktur Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. 2012
41. Fatimah S, Syakdiah, Kusumawiranti R. Kebijakan Pemerintah Dalam Mengatasi Kemacetan Di Kota Yogyakarta (Studi Penelitian Di Jalan Malioboro Dan Jalan Tentara Pelajar). *POPULIKA*. 2022; 10(1): 24–41. <https://doi.org/10.37631/populika.v10i1.473>
42. Mulyana, Situmorang M, Safitri R. Alur Administrasi Medical Check Up (MCU) RS Awal Bros Botania. *Prima (Portal Riset Dan Inovasi Pengabdian Masyarakat)*. 2024;3(3): 141–145. <https://ojs.transpublika.com/index.php/RIMA/article/view/1260>
43. Prihiyandhoko H : Evaluasi Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Sistem Satu Arah (SSA) Dengan Program Vissim Pada Ruas Jalan Ahmad Yani Kota Tegal. 2023 *UNISULA*. 2023;
44. Suryadi I, Lestari VD, Budirman B, Rachmawati S. Pengaruh Paparan Debu TSP dan Penggunaan APD Terhadap Gejala Ispa Pengguna Terminal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat. 2022;22(2): 333-339. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v22i2.2922>

Hubungan Faktor Individu dan Pekerjaan dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders* Pada Pekerja Produksi Pabrik Tatakan Telur

The Relationship between Individual, Job Factors with Musculoskeletal Disorders in Egg Tray Factory Production Workers

Maya Khairunisa, Fea Firdani*, Septia Pristi Rahmah

Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas
Gedung Fakultas Kesehatan Masyarakat Limau Manis, Padang, Sumatra Barat, 25163

***Corresponding Author : Fea Firdani**

Email : feafirdani@ph.unand.ac.id

ABSTRAK

Pekerja produksi pabrik tatakan telur mengandalkan kemampuan otot pada setiap tahapan kerja sehingga berisiko mengalami keluhan MSDs. Berdasarkan survei awal, keluhan yang dirasakan pekerja sangat sakit pada bagian bahu kiri dan kanan, pinggang, dan punggung. Penelitian ini bertujuan mengetahui hubungan faktor individu dan faktor pekerjaan dengan keluhan MSDs pada pekerja bagian produksi di Pabrik Tatakan Telur Kabupaten Lima Puluh Kota. Penelitian ini menggunakan desain *cross sectional*, dilakukan pada bulan Januari – Agustus 2023. Pemilihan sampel menggunakan teknik *total sampling* berjumlah 56 pekerja. Pengolahan data menggunakan analisis univariat, bivariat (*chi square*), multivariat (regresi logistik ganda). Hasil penelitian menunjukkan 60,7% pekerja berisiko tinggi MSDs, 55,4% kategori usia berisiko, 53,6% perempuan, 50% merokok, 53,6% masa kerja lama, 57,1% IMT tidak normal, 60,7% tidak berolahraga 73,2% postur kerja tidak ergonomis, dan 62,5% beban kerja sedang. Hasil uji statistik menunjukkan terdapat hubungan antara usia ($p\text{-value}=0,043$), masa kerja ($p\text{-value}=0,004$), kebiasaan olahraga ($p\text{-value}=0,001$), postur kerja ($p\text{-value}=0,026$), dan beban kerja ($p\text{-value}=0,003$) dengan keluhan MSDs. Faktor yang paling dominan yaitu usia ($OR=16,716$). Faktor yang berhubungan dengan keluhan MSDs adalah usia, masa kerja, kebiasaan olahraga, postur kerja, dan beban kerja. Pekerja agar menjaga postur tubuh untuk selalu bekerja dengan ergonomis, menghindari melakukan pengangkatan beban dengan menompangkan pada satu bagian tubuh dan diharapkan pemilik pabrik menyediakan sarana prasarana kerja ergonomis.

Kata Kunci : Usia, Postur kerja, MSDs

ABSTRACT

Workers in the production at the egg tray factory rely on muscle strength at every stage of work, so they are at risk of experiencing MSDs complaints. Based on the initial survey, the complaints felt by workers were severe pain in the left and right shoulders, waist, and back. This study aims to determine the relationship between individual factors and job factors with MSDs complaint at the egg tray factory in Lima Puluh Kota District. This study used a cross sectional design, conducted from January to August 2023. Sample selection using total sampling technique amounted to 56 workers. Data processing using univariate, bivariate (*chi square*), multivariate (multiple logistic regression). The results showed that 60.7% of workers experienced a high risk of MSDs, 55.4% of age categories were at risk, 53.6% were female, 50% smoked, 53.6% had a long working period, 57.1% had abnormal BMI, 60.7% did not do sport, 73.2% of work postures were not ergonomic, and 62.5% of workload were moderate. The statistical test results show there was a significant relationship between age ($p\text{-value} = 0.043$), length of work experience ($p\text{-value} = 0.004$), sports habits ($p\text{-value} = 0.001$), work posture ($p\text{-value}=0.026$), and workload ($p\text{-value}=0.003$) with MSDs complaints. The most dominant factor was age ($OR=16,716$). Factors related to MSDs complaints are age, length of service, exercise habits, work posture, and workload. Workers must maintain their body posture always to work ergonomically and avoid lifting loads by resting them on one part of the body, factory owners are expected to provide an ergonomic work infrastructure.

Keyword: Age, Work posture, MSDs

PENDAHULUAN

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan upaya untuk melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja saat melakukan pekerjaan dengan penerapan upaya pengendalian seluruh bentuk potensi bahaya yang ada di lingkungan tempat kerja. Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) penting dilakukan di perusahaan karena dampak yang ditimbulkan dari permasalahan K3 tidak hanya menimbulkan kerugian bagi pekerja namun juga perusahaan.¹ Permasalahan K3 dapat menyebabkan timbulnya masalah kesehatan pada pekerja berupa kecelakaan maupun penyakit akibat kerja yang mengakibatkan ketidakhadiran pekerja dalam bekerja dan menurunkan produktivitas yang menimbulkan kerugian.^{2,3}

Berdasarkan data *International Labour Organization* (ILO) 2018, setiap tahun terdapat 2,78 juta pekerja yang meninggal akibat kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Kurang lebih 2,4 juta (86,3%) dari pekerja tersebut meninggal karena penyakit akibat kerja.⁴ Salah satu penyakit akibat kerja yang dapat dirasakan oleh pekerja akibat dari aktivitas yang bertumpu pada kemampuan fisik namun dengan cara yang tidak tepat adalah *Musculoskeletal disorders* (MSDs). *Musculoskeletal disorders* adalah keluhan yang dirasakan sebagai akibat aktivitas kerja seperti nyeri, sakit, pegal pada otot skletal (tendon, pembuluh darah, sendi, tulang syaraf, dan lainnya). *Musculoskeletal disorders* dapat dirasakan oleh pekerja dari keluhan yang ringan hingga sangat sakit akibat bekerjanya otot skeletal dengan pengulangan berkali-kali dalam waktu kerja yang lama dan pembebanan yang statis.⁵

Berdasarkan data *Global Burden of Disease* (GBD) tahun 2019, terdapat sekitar 1,71 Miliar orang mengalami keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) dan sekitar 150 juta orang mengalami kecacatan serta kematian dini di seluruh dunia.⁶ Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) pada tahun 2018, di Indonesia prevalensi penyakit sendi yang merupakan salah satu dari *musculoskeletal disorders* (MSDs) berdasarkan diagnosis dokter mencapai 713.783 (7,3%) kasus, prevalensi penyakit sendi di Sumatera Barat mencapai 13.834 (7,21%) kasus.⁷ Berdasarkan Riskesdas Sumatera Barat tahun 2018, prevalensi penyakit sendi di

Kabupaten Lima Puluh Kota mencapai 5,66%.⁸

Pabrik tatakan telur Sandra Thomi merupakan salah satu industri sektor informal berlokasi di Kabupaten Lima Puluh Kota yang bergerak dibidang pengolahan limbah kertas menjadi tatakan telur karton dengan hasil produksi yang besar yaitu sebanyak 900 *ball* tatakan telur/hari atau 90.000 tatakan telur/hari. Proses produksi tatakan telur meskipun sudah menggunakan mesin namun tetap mengandalkan tenaga manusia pada setiap prosesnya. Proses produksi tatakan telur berlangsung 24 jam selama 6 hari kerja dalam satu minggu. Pekerja dibagi menjadi 3 *shift* dalam satu hari yaitu *shift* pagi (07.00 – 15.00 WIB), *shift* siang (15.00 – 23.00 WIB), *shift* malam (23.00 – 07.00 WIB). Pertukaran *shift* dilakukan setiap satu kali dalam satu minggu. Proses produksi tatakan telur di Pabrik Sandra Thomi terdiri dari tahapan *mixer*, cetakan, *oven*, dan *press*.

Proses produksi tatakan telur memiliki risiko keluhan MSDs pada setiap tahapannya. Postur kerja yang dilakukan pekerja pada tahapan produksi merupakan salah satu penyebab risiko keluhan MSDs seperti pada bagian *mixer* pekerja melakukan postur membungkuk, berdiri, dan berjalan ketika pengangkatan bahan baku. Pada bagian cetakan pekerja melakukan postur memutar badan dan berdiri. Pada bagian *oven* pekerja melakukan postur membungkuk, menahan beban yang diangkat, dan berjalan. Pada bagian *press* pekerja melakukan postur kerja berdiri dan membungkuk.

Postur kerja tidak ergonomis dicirikan dengan bagian tubuh yang menjauhi posisi anatomis tubuh seperti punggung yang membungkuk ke depan, posisi leher yang terlalu menunduk atau mendongak ke atas, pergelangan tangan yang menekuk ke depan dan postur kerja tersebut dilakukan berulang kali selama melakukan pekerjaan. Postur kerja tidak ergonomis menyebabkan pengurangan tenaga yang berlebihan dalam melakukan pekerjaan dan berdampak pada kelelahan fisik. Selain itu, postur kerja tidak ergonomis juga dapat menimbulkan risiko penyakit akibat kerja yaitu MSDs.⁹

Berdasarkan observasi awal yang dilakukan pada 10 pekerja, yang terdiri dari 2 pekerja perempuan dan 8 pekerja laki-laki diperoleh data bahwa keluhan MSDs yang dirasakan oleh pekerja dengan keluhan sangat

sakit yaitu pada bagian bahu kiri 70% pekerja, bahu kanan 70% pekerja, pinggang 60% pekerja, dan punggung 50% pekerja. Terdapat 10% pekerja dengan kategori usia berisiko. Terdapat 50% pekerja dengan masa kerja ≥ 1 tahun. Terdapat 30% pekerja yang tergolong IMT tidak normal yang terdiri dari 1 pekerja kategori gemuk serta 2 pekerja kategori kurus. Terdapat 20% pekerja dengan beban kerja sedang. Terdapat 50% pekerja yang tidak berolahraga dalam seminggu. Seluruh pekerja laki-laki (80%) merokok dan tidak ada (20%) pekerja perempuan yang merokok.

Berdasarkan hasil observasi awal dan uraian latar belakang, perlu dilakukan penelitian terkait faktor-faktor yang berhubungan dengan keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) pada pekerja bagian produksi di Pabrik Tatakan Telur Kabupaten Lima Puluh Kota. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui hubungan antara faktor individu dan faktor pekerjaan dengan keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) pada pekerja bagian produksi di Pabrik Tatakan Telur Kabupaten Lima Puluh Kota.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif menggunakan desain *cross sectional*. Penelitian ini dilakukan di Pabrik Tatakan Telur Sandra Thomi Kabupaten Lima Puluh Kota. Penelitian dilakukan pada bulan Januari – Agustus 2023. Sampel pada penelitian ini berjumlah 56 pekerja. Pemilihan sampel menggunakan teknik *total sampling*. Variabel independen pada penelitian ini yaitu usia, jenis kelamin, kebiasaan merokok, masa kerja, IMT, kebiasaan olahraga postur kerja, beban kerja, serta variabel dependen yaitu keluhan *Musculoskeletal Disorders*. Pada penelitian ini, data primer didapatkan melalui wawancara, observasi lapangan, penilaian keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM), penilaian postur kerja menggunakan metode *Rapid Entry Body Assessment* (REBA) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), penilaian beban kerja menggunakan pengukuran denyut nadi, dan penilaian Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan pengukuran berat badan serta tinggi badan. Sedangkan data sekunder didapatkan dari profil pabrik Tatakan Telur Sandra Thomi dan referensi yang berhubungan dengan keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Pengolahan data menggunakan analisis

univariat, analisis bivariat dengan uji *chi square*, dan analisis multivariat dengan uji regresi logistik ganda karena variabel dependen berbentuk kategorik.

HASIL PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Pabrik Tatakan Telur Sandra Thomi merupakan salah satu industri sektor informal yang berlokasi di Sarilamak, Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota yang berdiri pada tahun 2019. Pabrik Tatakan Telur Sandra Thomi bergerak dibidang pengolahan limbah kertas menjadi tatakan telur karton. Proses produksi di pabrik ini berlangsung selama 24 jam yang terbagi menjadi tiga *shift* dengan pembagian 8 kerja masing-masing *shift*. Pembagian *shift* pada pabrik ini yaitu *shift* pagi (07.00 – 15.00 WIB), *shift* siang (15.00 – 23.00 WIB), dan *shift* malam (23.00 – 07.00 WIB). Proses produksi tatakan telur meskipun sudah menggunakan mesin namun tetap mengandalkan tenaga manusia pada setiap prosesnya yang terdiri dari empat tahapan yaitu *mixer*, cetakan, *press*, dan *oven*.

Distribusi Frekuensi Keluhan MSDs, Usia, Jenis Kelamin, Kebiasaan Merokok, Masa Kerja, IMT, Kebiasaan Olahraga, Postur Kerja dan Beban Kerja

Berdasarkan tabel 1 diketahui bahwa pekerja yang mengalami keluhan MSDs risiko tinggi sebesar 60,7% (yang memiliki skor *Nordic Body Map* ≥ 42). Sebanyak 55,4% pekerja dengan kategori usia berisiko (≥ 30 tahun). Rata-rata usia pekerja yaitu 30 tahun dengan usia pekerja paling muda 20 tahun dan paling tua 52 tahun. Sebanyak 53,6% pekerja berjenis kelamin perempuan, 50% pekerja memiliki kebiasaan merokok, 53,6% pekerja memiliki masa kerja lama yaitu jika ≥ 2 tahun (dari nilai median masa kerja). Rata-rata masa kerja yaitu 26 bulan dengan masa kerja paling baru 6 bulan dan paling lama 49 bulan.

Sebanyak 57,1% pekerja memiliki IMT normal (18,5 – 25). Rata-rata IMT pekerja yaitu 25,8 dengan IMT paling kurus yaitu 16,4 dan IMT paling gemuk yaitu 37,5. Sebanyak 60,7% pekerja tidak memiliki kebiasaan berolahraga dalam seminggu, 73,2% pekerja dengan postur kerja yang tidak ergonomis yaitu jika hasil pengukuran REBA ≥ 4 atau RULA ≥ 5 . Sebanyak 62,5% pekerja dengan beban kerja sedang yaitu jika ≥ 100 denyut nadi/menit. Denyut nadi paling rendah yaitu 78 denyut

nadi/menit sedangkan denyut nadi paling tinggi yaitu 168 denyut nadi/menit.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Keluhan MSDs, Usia, Jenis Kelamin, Kebiasaan Merokok, Masa Kerja, IMT, Kebiasaan Olahraga, Postur Kerja dan Beban Kerja

Variabel	Frekuensi (f)	Persentase (%)
Keluhan MSDs		
Risiko Tinggi	34	60,7
Risiko Sedang	22	39,3
Usia		
Berisiko	31	55,4
Tidak Berisiko	25	44,6
Jenis Kelamin		
Laki-laki	26	46,4
Perempuan	30	53,6
Kebiasaan Merokok		
Merokok	28	50
Tidak Merokok	28	50
Masa Kerja		
Lama	30	53,6
Baru	26	46,4
IMT		
Tidak Normal	24	42,9
Normal	32	57,1
Kebiasaan Olahraga		
Tidak Berolahraga	34	60,7
Berolahraga	22	39,3
Postur Kerja		
Tidak Ergonomis	41	73,2
Ergonomis	15	26,8
Beban Kerja		
Beban Sedang	35	62,5
Beban Ringan	21	37,5

Hubungan Usia, Jenis Kelamin, Kebiasaan Merokok, Masa Kerja, IMT, Kebiasaan Olahraga, Postur Kerja dan Beban Kerja dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan usia berisiko (74,2%) dibandingkan pekerja dengan usia tidak berisiko (44%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,043$ ($p\text{-value} < 0,05$), yang berarti terdapat hubungan bermakna antara usia dengan keluhan MSDs pada pekerja. Hasil uji statistik diperoleh nilai POR sebesar 3,659 yang artinya pekerja dengan

usia berisiko memiliki tingkat risiko 3,6 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan usia tidak berisiko.

Pada tabel 2, Keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja laki-laki (73,1%) dibandingkan dengan pekerja perempuan (50%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,136$ ($p\text{-value} > 0,05$), yang berarti tidak terdapat hubungan yang bermakna antara jenis kelamin dengan keluhan MSDs. Keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan kebiasaan merokok (71,4%) dibandingkan pekerja dengan kebiasaan tidak merokok (50%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,171$ ($p\text{-value} > 0,05$), yang berarti tidak terdapat hubungan bermakna antara kebiasaan merokok dengan keluhan MSDs pada pekerja.

Keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan masa kerja lama (80%) dibandingkan pekerja dengan masa kerja baru (38,5%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,004$ ($p\text{-value} < 0,05$), yang berarti terdapat hubungan bermakna antara masa kerja dengan keluhan MSDs pada pekerja. Hasil uji statistik diperoleh nilai POR sebesar 6,400 yang artinya pekerja dengan masa kerja lama memiliki tingkat risiko 6 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan masa kerja baru.

Keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan IMT normal (62,5%) dibandingkan pekerja dengan IMT tidak normal (58,3%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,968$ ($p\text{-value} > 0,05$), yang berarti tidak terdapat hubungan bermakna antara IMT dengan keluhan MSDs pada pekerja.

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan kebiasaan tidak berolahraga (79,4%) dibandingkan pekerja dengan kebiasaan berolahraga (31,8%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,001$ ($p\text{-value} < 0,05$), yang berarti terdapat hubungan bermakna antara kebiasaan olahraga dengan keluhan MSDs pada pekerja. Hasil uji statistik diperoleh nilai POR sebesar 8,265 yang artinya pekerja dengan kebiasaan tidak berolahraga memiliki tingkat risiko 8 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan kebiasaan berolahraga.

Juga dapat dilihat pada tabel 2 diketahui bahwa keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan postur kerja tidak ergonomis (70,7%) dibandingkan pekerja dengan postur kerja ergonomis (33,3%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,026$ ($p\text{-value} < 0,05$), yang berarti terdapat hubungan bermakna antara postur kerja dengan keluhan MSDs pada pekerja. Hasil uji statistik diperoleh nilai POR sebesar 4,833 yang artinya pekerja dengan postur kerja tidak ergonomis memiliki tingkat risiko 4,8 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan postur kerja ergonomis.

Pada tabel 2 diketahui bahwa keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan beban sedang (77,1%) dibandingkan pekerja dengan beban ringan (22,9%). Hasil uji statistik menggunakan *chi square* diperoleh $p\text{-value} = 0,003$ ($p\text{-value} < 0,05$), yang berarti terdapat hubungan bermakna antara beban kerja dengan keluhan MSDs pada pekerja. Hasil uji statistik diperoleh nilai POR sebesar 6,750 yang artinya pekerja dengan kategori beban sedang memiliki tingkat risiko 6,7 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan kategori beban ringan.

Tabel 2. Hubungan Usia, Jenis Kelamin, Kebiasaan Merokok, Masa Kerja, IMT, Kebiasaan Olahraga, Postur Kerja dan Beban Kerja dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders*

Variabel	Keluhan MSDs				Total		POR	p-value
	Berat		Ringan					
	f	%	f	%	f	%		
Usia								
Berisiko	23	74,2	8	25,8	31	100	3,659	0,043
Tidak Berisiko	11	44,0	14	56,0	25	100		
Jenis Kelamin								
Laki-Laki	19	73,1	7	26,9	26	100	-	0,136
Perempuan	15	50	15	50	30	100		
Kebiasaan Merokok								
Merokok	20	71,4	8	28,6	28	100	-	0,171
Tidak Merokok	14	50	14	50	28	100		
Masa Kerja								
Lama	24	80	6	20	30	100	6,400	0,004
Baru	10	38,5	16	61,5	26	100		
IMT								
Tidak Normal	14	58,3	10	41,7	24	100	-	0,968
Normal	20	62,5	12	37,5	32	100		
Kebiasaan Olahraga								
Tidak Berolahraga	27	79,4	7	20,6	34	100	8,265	0,001
Berolahraga	7	31,8	15	68,2	22	100		
Postur Kerja								
Tidak ergonomis	29	70,7	12	29,3	41	100	4,833	0,026
Ergonomis	5	33,3	10	66,7	15	100		
Beban Kerja								
Beban sedang	27	77,1	8	22,9	35	100	6,750	0,003
Beban ringan	7	33,3	14	66,7	21	100		

Analisis Multivariat

Pada penelitian ini dilakukan analisis multivariat menggunakan regresi logistik ganda untuk melihat variabel yang paling dominan mempengaruhi keluhan MSDs pada pekerja. Variabel yang masuk ke dalam kandidat analisis multivariat berdasarkan analisis bivariat yaitu usia, jenis kelamin, kebiasaan merokok, masa kerja, kebiasaan olahraga, postur kerja, dan beban kerja. Pemilihan variabel ini berdasarkan analisis bivariat yaitu variabel dengan $p\text{-value} < 0,25$ akan dijadikan sebagai kandidat analisis multivariat.

Setelah dilakukan uji regresi logistik

berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa variabel yang paling dominan berhubungan dengan *Musculoskeletal Disorders* pada pekerja adalah usia. Variabel Usia memiliki $OR = 16,716$ artinya bahwa usia beresiko ≥ 25 tahun memiliki risiko 16,716 kali menyebabkan keluhan MSDs pada pekerja bagian produksi Pabrik Tatakan Telur Kabupaten Lima Puluh Kota. Nilai *Nagelkerke R Square* = 69,6% artinya kemampuan variabel independen untuk menjelaskan variabel dependen sebanyak 69,6% sedangkan sisanya ditentukan oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam pemodelan.

Tabel 3. Model Akhir Analisis Multivariat

Variabel	B	Wald	P-Value	OR	95%CI	
					Lower	Upper
Postur Kerja	2,13	3,207	0,073	8,355	0,818	85,311
Beban Kerja	2,698	5,990	0,014	14,857	1,712	128,947
Usia	2,816	7,893	0,005	16,716	2,343	119,240
Jenis Kelamin	-0,326	0,080	0,777	0,722	0,076	6,874
Masa Kerja	1,155	1,689	0,193	3,174	0,557	18,085
Kebiasaan Olahraga	2,002	4,801	0,028	7,401	1,235	44,343
Constant	-15,227	15,414	0,000	0,000		

-2 log likelihood = 34,699 Nagelkerke R Square = 0,696

PEMBAHASAN

Hubungan Usia dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders*

Terdapat hubungan antara usia dengan keluhan MSDs pada pekerja dan pekerja dengan usia berisiko memiliki tingkat risiko 3,6 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan usia tidak berisiko. Pada penelitian ini, usia mempengaruhi keluhan MSDs karena sebagian besar MSDs risiko tinggi dialami oleh pekerja dengan usia berisiko. Hal ini dapat terjadi karena semakin tua pekerja maka akan terjadi penurunan kekuatan otot yang meningkatkan risiko keluhan MSDs. Namun juga terdapat pekerja dengan usia tidak berisiko mengalami MSDs risiko tinggi karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan, pekerjaan, individu dan lainnya. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Puspita, dkk (2022) pada pekerja *home industry* pembuatan kerupuk di UD X Banyuwangi. Hasil uji statistik didapatkan $p\text{-value} = 0,000$ artinya terdapat hubungan antara usia dengan keluhan MSDs.¹⁰

Kadar oksigen maksimum yang digunakan oleh tubuh mengalami pengurangan secara bertahap setelah berusia 20 tahun. Kemudian pada usia 50-60 tahun, akan terjadi penurunan kapasitas kekuatan otot dan harus seimbang dengan kapasitas kerja fisik. Usia berhubungan dengan kekuatan otot, karena semakin bertambahnya usia atau bertambahnya tua seseorang maka terjadi pengurangan kekuatan otot dan penurunan kemampuan kerja karena perubahan pada fungsi tubuh.¹¹ Keluhan pada otot skeletal akan dirasakan pada usia kerja yaitu rentang 25 – 65 tahun.¹²

Hubungan Jenis Kelamin dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders*

Tidak terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan keluhan MSDs pada pekerja. Betti'e, dkk. (1989) dalam Tarwaka (2015), kurang lebih hanya 6% dari kekuatan otot pria yang dimiliki perempuan terutama pada bagian otot lengan, punggung, dan kaki.¹³ Apabila pekerja laki-laki dan perempuan memiliki beban kerja yang sama maka pekerja perempuan akan lebih berisiko mengalami

keluhan MSDs dikarenakan proses pengeroposan tulang yang lebih cepat dan kemampuan otot yang lebih rendah dibandingkan dengan pekerja laki-laki.¹⁴

Namun, pada penelitian ini didapatkan pekerja laki-laki mengalami keluhan MSDs lebih besar dibandingkan dengan perempuan dikarenakan beban kerja laki-laki lebih berat dibanding perempuan. Pekerja laki-laki lebih banyak melakukan pekerjaan yang mengandalkan otot seperti pengangkatan beban yang berat sehingga otot bekerja dengan lebih keras dan jika otot diberikan pembebanan yang berat dan berlangsung dalam waktu lama akan menimbulkan risiko untuk terkena MSDs. Hasil Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Desriani, dkk (2017) bahwa tidak terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan keluhan MSDs pada pekerja bagian pencetakan kulit lumpia di Kelurahan Kranggan Semarang Tengah.¹⁵

Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders*

Tidak terdapat hubungan bermakna antara kebiasaan merokok dengan keluhan MSDs pada pekerja. Kebiasaan merokok jika berlangsung dalam waktu lama dan frekuensi merokok yang semakin bertambah setiap harinya akan meningkatkan risiko keluhan MSDs.¹³ Kebiasaan merokok akan menimbulkan terjadi penurunan kapasitas paru-paru yang juga berdampak terjadinya penurunan kemampuan tubuh dalam mengkonsumsi oksigen, yang akan berakhir pada penurunan kesegaran tubuh dan berisiko timbulnya keluhan nyeri otot saat melakukan aktivitas kerja.³

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak adanya hubungan kebiasaan merokok dengan keluhan MSDs karena jumlah pekerja yang memiliki kebiasaan merokok (50%) sebanding dengan pekerja yang tidak memiliki kebiasaan merokok (50%). Sebanyak 71,4% dari pekerja yang memiliki kebiasaan merokok mengalami keluhan MSDs risiko tinggi. Pada umumnya pekerja yang merokok adalah pekerja laki-laki yang memiliki beban kerja lebih berat dari perempuan sehingga lebih berisiko terkena MSDs. Meskipun pekerja perempuan hanya sebagian kecil yang merokok, namun perempuan juga mengalami keluhan MSDs. Hasil ini sejalan dengan penelitian Anas, dkk (2013), bahwa tidak terdapat hubungan antara

kebiasaan merokok dengan keluhan MSDs pada pekerja industri genteng di Kecamatan Petanahan Kabupaten Kebumen dengan $p\text{-value} = 0,392$.¹⁶

Hubungan Masa Kerja dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders*

Terdapat hubungan antara masa kerja dengan keluhan MSDs pada pekerja dan diperoleh nilai POR sebesar 6,400 yang artinya pekerja dengan masa kerja lama memiliki tingkat risiko 6 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan masa kerja baru.

Berdasarkan penelitian, keluhan MSDs risiko tinggi lebih banyak dialami oleh pekerja dengan masa kerja lama (> 2 tahun), keluhan ini dapat diakibatkan dari akumulasi keluhan-keluhan nyeri otot dalam jangka waktu yang lama. Berdasarkan wawancara, keluhan MSDs dirasakan pekerja saat melakukan pekerjaan dan setelah melakukan pekerjaan. Selain itu, pada penelitian Wildasari, dkk (2023) pada pekerja industri pembuatan briket CV Sada Wahyu Yogyakarta, juga ditemukan hubungan antara masa kerja dengan keluhan MSDs dengan $p\text{-value} = 0,009$.¹⁷

Tekanan yang datang baik secara fisik maupun beban kerja dalam suatu waktu tertentu akan mengakibatkan terjadinya pengurangan kinerja otot. Hal ini tidak diakibatkan oleh faktor tunggal namun tekanan-tekanan yang telah terkumpul setiap hari dalam jangka waktu lama, serta akan memicu penurunan kesehatan jika dibiarkan berlarut. Masa kerja dapat menjadi faktor terjadinya keluhan MSDs karena semakin lama seseorang melakukan pekerjaan kemungkinan untuk terpajan bahaya fisik dan kimia penyebab penyakit akibat kerja yang ada di lingkungan kerja akan semakin besar.¹¹

Hubungan IMT dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders*

Tidak terdapat hubungan bermakna antara IMT dengan keluhan MSDs pada pekerja. Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah cara pemantauan status gizi pada orang dewasa yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan.¹⁸ Meskipun IMT memiliki pengaruh yang relatif kecil, namun berat badan, tinggi badan, dan masa tubuh merupakan salah satu faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya keluhan MSDs. IMT dapat mempengaruhi keluhan MSDs karena adanya

perbedaan keseimbangan struktur rangka ketika diberi pembebanan, baik beban berat yang berasal dari tubuh maupun beban tambahan yang berasal dari luar tubuh.¹³

Pada penelitian ini didapatkan hasil tidak adanya hubungan antara IMT dengan keluhan MSDs karena pengaruh yang dihasilkan oleh IMT sebagai penyebab keluhan MSDs relatif kecil, dan dapat disebabkan oleh faktor lain, seperti faktor individu, faktor lingkungan, dan faktor pekerjaan lainnya. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Putra, dkk (2020), bahwa terdapat hubungan antara IMT dengan keluhan MSDs pada Pekerja Pengangkut Pupuk di PT Carisma Sentra Persada dengan $p\text{-value} = 0,023$.¹⁹

Hubungan Kebiasaan Olahraga dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders

Terdapat hubungan antara kebiasaan olahraga dengan keluhan MSDs pada pekerja bagian produksi Pabrik Tatakan Telur Kabupaten Lima Puluh Kota dan pekerja dengan kebiasaan tidak berolahraga memiliki tingkat risiko 8 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan kebiasaan berolahraga.

Berdasarkan wawancara, pekerja yang tidak memiliki kebiasaan berolahraga beranggapan bahwa olahraga secara rutin tidak perlu dilakukan karena aktivitas kerja sudah cukup berat. Aktivitas kerja dianggap sudah melakukan olahraga karena mengerahkan kemampuan otot yang sudah cukup untuk menggantikan olahraga. Ketika memiliki waktu luang pekerja lebih memilih memanfaatkannya untuk beristirahat. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Cindyastira (2014), bahwa terdapat hubungan antara kebiasaan olahraga dengan Keluhan MSDs pada pekerja produksi *Paving Block* CV Sumber Galian Makassar dengan $p\text{-value} = 0,030$.²⁰

Tingkat keluhan MSDs dipengaruhi oleh tingkat kesegaran tubuh. Keluhan MSDs memiliki risiko rendah pada seseorang yang memiliki waktu cukup untuk beristirahat dan berolahraga sehingga dapat memulihkan kesegaran jasmani. Kebiasaan olahraga dapat mempengaruhi kebugaran jasmani. Seseorang yang memiliki kebiasaan olahraga baik dan teratur akan memiliki kebugaran jasmani yang lebih baik dibandingkan dengan seseorang yang

tidak memiliki kebiasaan olahraga. Rendahnya tingkat kebugaran jasmani akan meningkatkan risiko terjadinya keluhan pada otot.¹³

Hubungan Postur Kerja dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders

Terdapat hubungan bermakna antara postur kerja dengan keluhan MSDs pada pekerja dan pekerja dengan postur kerja tidak ergonomis memiliki tingkat risiko 4,8 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan postur kerja ergonomis.

Selain diakibatkan oleh pekerja, postur janggal juga dipengaruhi oleh desain stasiun kerja yang tidak ergonomis seperti kursi yang disediakan rendah dan kecil, kursi yang tidak memiliki sandaran, dan proses angkat-angkut yang tidak menggunakan bantuan alat. Postur tubuh janggal yang dilakukan pekerja dalam waktu lama ini akan menimbulkan risiko untuk mengalami keluhan MSDs. Hasil serupa juga ditemukan pada penelitian Aprillia, dkk (2022) bahwa terdapat hubungan antara postur kerja dengan keluhan MSDs pada pekerja industri genteng di Desa Sidoluhur Kecamatan Godean Kabupaten Sleman dengan $p\text{-value} = 0,000$.²¹

Ketika melakukan pekerjaan, perlu diperhatikan postur tubuh untuk selalu dalam keadaan yang seimbang atau normal agar dapat bekerja dengan kondisi nyaman dalam jangka waktu lama. Postur kerja yang janggal yaitu postur pekerja ketika sedang melakukan pekerjaan dengan bagian tubuh yang menjauh dari posisi normal atau alamiah. Rasa ketidaknyamanan yang muncul saat melakukan pekerjaan akan semakin tinggi ketika bagian tubuh semakin jauh dari pusat gravitasi. Postur kerja dapat menyebabkan terjadinya keluhan MSDs karena ketika pekerja melakukan pekerjaan dengan postur tubuh janggal serta diberikan pembebanan pada otot secara berulang akan mengakibatkan timbulnya cedera pada jaringan lunak maupun pada sistem di saraf. Cedera ini akan menimbulkan rasa kesemutan, pegal, pembengkakan, nyeri ketika mendapatkan tekanan, hingga melemahnya otot.¹¹

Hubungan Beban Kerja dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders

Terdapat hubungan bermakna antara beban kerja dengan keluhan MSDs pada

pekerja dan pekerja dengan kategori beban sedang memiliki tingkat risiko 6,7 kali mengalami keluhan MSDs dibandingkan pekerja dengan kategori beban ringan.

Berdasarkan hasil observasi, tahapan kerja pada bagian produksi Pabrik Tatakan Telur Kabupaten Lima Puluh Kota pada umumnya tergolong kegiatan fisik yang mengandalkan kemampuan otot pekerja. Keluhan MSDs dapat dirasakan pekerja karena kegiatan fisik yang dilakukan pekerja berlangsung dalam waktu yang lama secara berulang dengan postur kerja yang berisiko. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aprillia, dkk (2022) bahwa terdapat hubungan antara beban kerja fisik dengan MSDs pada pekerja industri genteng di Desa Sidoluhur Kecamatan Godean Kabupaten Sleman dengan $p\text{-value} = 0,000$.²¹

Melakukan pekerjaan dengan kegiatan fisik akan menyebabkan terjadinya pengeluaran energi yang berkaitan dengan konsumsi energi. Pengukuran konsumsi energi ketika melakukan pekerjaan dapat dilakukan menggunakan cara tidak langsung yaitu dengan pengukuran denyut nadi. Semakin besar otot beraktivitas maka semakin besar juga perubahan gerakan denyut nadi. Ketika pekerja melakukan pengangkatan beban, maka energi fisik digunakan oleh otot sebagai sumber tenaga. Ketika energi yang dikeluarkan oleh otot melebihi kapasitas dan kemampuan dari pekerja serta dilakukan dalam jangka waktu lama, maka dapat memicu munculnya keluhan MSDs pada pekerja.³

Analisis Multivariat

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa variabel yang paling dominan berhubungan dengan *Musculoskeletal Disorders* pada pekerja bagian produksi di Pabrik Tatakan Telur adalah usia. Variabel Usia memiliki $p\text{-value}=0,005$ dan OR 16,716. Nilai OR memiliki arti bahwa usia memiliki risiko 16,716 kali menyebabkan keluhan MSDs pada pekerja bagian produksi Pabrik Tatakan Telur Kabupaten Lima Puluh Kota. Kekuatan pengaruh secara keseluruhan dilihat dari nilai *Nagelkerke R Square* yaitu 69,6% artinya kemampuan variabel independen untuk menjelaskan variabel dependen sebanyak 69,6% sedangkan sisanya 30,4% ditentukan oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam

pemodelan. Pada penelitian ini usia menjadi faktor yang dominan menyebabkan MSDs pada pekerja karena pembagian kerja yang diberikan tidak berdasarkan kepada usia pekerja. Pertambahan usia akan mengakibatkan terjadinya penurunan massa otot.

Bertambahnya usia akan diikuti dengan penurunan kondisi fisik seseorang yang akan berdampak pada terjadinya penurunan kekuatan otot. Seseorang yang melakukan pekerjaan dengan mengerahkan tenaga besar namun dengan kekuatan otot yang menurun maka akan meningkatkan risiko terkena penyakit akibat kerja terutama keluhan MSDs. Pertambahan usia seseorang berhubungan dengan kekuatan fisik yang akan terus bertambah dan mencapai puncak pada usia 25 tahun.²²

Berdasarkan hasil penelitian, pekerja pada bagian produksi Tatakan Telur memiliki pembagian beban kerja yang sama pada setiap tahapannya tanpa memperhatikan usia. Proses kerja pada setiap tahapan yang mengharuskan untuk pengerahan otot dapat memungkinkan untuk memicu timbulnya keluhan MSDs.

Penyebab penurunan massa otot ini adalah penurunan jumlah motor unit dan serabut otot serta berkurangnya ukuran serat otot. Berkurangnya serat otot dapat mengakibatkan penurunan kapasitas kekuatan otot, metabolisme otot, serta peningkatan risiko terjadinya kerusakan otot. Terjadinya penurunan metabolisme dapat menyebabkan seseorang mengalami kelelahan dan meningkatkan risiko terjadinya keluhan nyeri otot.²³

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gunung, dkk. 2022 bahwa variabel yang paling dominan berhubungan dengan MSDs pada sopir bus DAMRI Mataram adalah usia. Variabel usia memiliki OR 18,013 yang artinya usia memiliki risiko 18,013 kali menyebabkan keluhan MSDs pada sopir bus DAMRI.

KESIMPULAN DAN SARAN

Diketahui sebanyak 60,7% pekerja mengalami keluhan MSDs risiko tinggi. Sebanyak 55,4% pekerja dengan usia berisiko, sebanyak 53,6% pekerja jenis kelamin perempuan, sebanyak 50% pekerja memiliki

kebiasaan merokok, sebanyak 53,6% pekerja dengan masa kerja lama, sebanyak 57,1% pekerja memiliki IMT normal, sebanyak 60,7% pekerja tidak memiliki kebiasaan berolahraga dalam seminggu, sebanyak 73,2% pekerja mempunyai postur kerja yang tidak ergonomis, sebanyak 62,5% pekerja mempunyai beban kerja sedang. Terdapat hubungan antara usia, masa kerja, kebiasaan olahraga, postur kerja, dan beban kerja dengan keluhan MSDs. Tidak terdapat hubungan antara jenis kelamin, kebiasaan merokok, IMT dengan keluhan MSDs. Variabel yang paling dominan berhubungan dengan keluhan MSDs adalah usia.

Diharapkan pekerja menjaga postur tubuh untuk selalu bekerja dengan ergonomis dan menghindari melakukan pengangkatan beban dengan menompangkan pada satu bagian tubuh yang membuat tubuh miring, untuk itu diharapkan pemilik pabrik untuk menyediakan sarana prasarana kerja ergonomis, menambahkan alat bantu kerja seperti kereta dorong guna memudahkan pekerja melakukan kegiatan angkat-angkut tanpa mengandalkan anggota tubuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemilik Pabrik Tatakan Telur Sandra Thomi yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian ini, juga pekerja sebagai responden yang telah berkenan memberikan waktunya sehingga penulis memperoleh informasi yang berguna terkait hubungan faktor individu dan pekerjaan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* pada pekerja produksi pabrik tatakan telur. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mustafa, Nugroho BS, Dewadi FM, Putera DA, Dermawan AA. Keselamatan kerja dan Lingkungan Industri. Padang: PT Global Eksekutif Teknologi; 2023.
2. Mahawati E, Fitriyatunur Q, Yanti CA. Keselamatan Kerja dan Kesehatan Lingkungan Industri. Yayasan Kita Menulis; 2021.
3. Hutabarat Y. Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi. Malang: Media Nusa Creative; 2017.
4. International Labour Organization. Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Pekerja Muda. Jakarta: ILO; 2018. 44 p.
5. Darnoto S. Dasar-Dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Surakarta: Muhammadiyah University Press; 2021.
6. Disease GB of. Disease Burden From Non-communicable Disease, World, 1990 to 2019. 2019.
7. Kesehatan BP dan P. Laporan Nasional Risesdas 2018. Jakarta; 2018.
8. Kesehatan BP dan P. Laporan Provinsi Sumatera Barat Risesdas 2018. Jakarta; 2018.
9. Haidar Natsir Amrullah MP. Penilaian Risiko Postur Kerja dan Perancangan Ulang Stasiun Kerja pada Pekerjaan Marking Sesuai S N I 9011 : 2021 di Workshop Fabrikasi Baja. J Keselam Kesehat Kerja dan Lingkung. 2024;05(2):122–30.
10. Puspita AG, Puspikawati SI, Dwiyaniti E. Hubungan antara Usia dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders pada Pekerja Home Industry Pembuatan Kerupuk di UD X Banyuwangi. Prev J Kesehat Masy. 2022;13(2):393–400.
11. Pratiwi AP, Diah T, Bausad AAP, Allo AA, et.al. Masalah Kesehatan Masyarakat: Pekerja dan Remaja Putri. Uwais Inspirasi Indonesia; 2022.
12. Siregar PA, Marpaung W, Jariah A. Analisis Risiko Kejadian Nyeri Otot pada Perempuan Pengupas Kepiting Perspektif Islam dan Kesehatan. Meda: Merdeka Kreasi; 2021.
13. Tarwaka. Ergonomi Industri Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja. Edisi II R. Surakarta: Harapan Press Solo; 2015.
14. Fitri S, Wardiati, Santi TD. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Musculoskeletal Disorders Pada Pekerja Pembuat Batu Bata di Desa Kajhu Kecamatan Baitussalam Aceh Besar Tahun 2022. J Heal Med Sci. 2023;2(1):29–36.

15. Desriani P, Jayanti S, Wahyuni I. Hubungan Sikap Kerja dan Karakteristik Individu dengan Gejala Cumulative Trauma Disorders (CTDs) pada Pekerja Bgaian Pencetakan Kulit Lumpia di Kelurahan Kranggan Semarang Tengah. *J Kesehat Masy*. 2017;5(5):299–3111.
16. Anas A, Ulfah N, Harwanti S. Determinan yang Berhubungan dengan Keluhan Musculokelstal Disorders (MSDs) pada Pekerja Indsutri Genteng di Kecamatan Petanahan Kabupaten Kebumen. *J Kesmasindo*. 2013;6(2):11–115.
17. Wildasari T, Nurcahyo RE. Hubungan Antara Postur Kerja, Umur, dan Masa Kerja dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada Pekerja di CV Sada Wahyu Kabupaten Bantul Yogyakarta. *J Lentera Kesehat Masy*. 2023;2(1).
18. Republik Indonesia KK. Bahan Ajar Gizi: Penilaian Status Gizi. Jakarta: Pusat Pendidikan SUMber Daya Manusia Kesehatan; 2017.
19. Putra AP, Martini M, Purwantara IKG. Hubungan IMT (Indeks Massa Tubuh) dengan Keluhan Muskuloskeletal Pada Pekerja Pengangkut Pupuk di PT Carisma Sentra Persada. *J Kesehat MIDWINERSLION*. 2020;5(1):202–10.
20. Cindiyastira D, Russeng SS, Wahyuni A. Intensitas Getaran Dengan Keluhan Muskuloskeletal Disorders (MSDs). *Media Kesehat Masy Indones*. 2014;10(4):234–40.
21. Aprillia P, Rifai M. Hubungan Masa Kerja, Postur Kerja, dan beban Kerja Fisik dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada Pekerja Industri Genteng di Desa Sidoluhur Sleman. *Period Occup Saf Heal*. 2022;1(1):31–40.
22. Tarwaka. Ergonomi Industri: Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja. Surakarta: Harapan Offset; 2015.
23. Lintin GB, Miranti. Hubungan Penurunan Kekuatan Otot dan Massa Otot dengan Proses Penuaan pada Individu. *J Kesehat Tadulako*. 2019;5(1):1–62.

**PENERAPAN *REDUCE, REUSE, RECYCLE (3R)* DAN MANAJEMEN
PENGELOLAAN SAMPAH PERKOTAAN : *A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW***
*Application of Reduce, Reuse, Recycle (3R) and Urban Waste Management: A Systematic
Literature Review*

Septia Pristi Rahmah¹, Raldi Hendro L. Koestoer², Rully Yusuf^{1,3}

1. Program Studi S3 Ilmu Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

2. Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia

3. *Corporate Social Responsibility (CSR)* PT. Pegadaian

***Corresponding Author : Septia Pristi Rahmah**

Email : septia.pristi41@ui.ac.id ; pristia.rahmah@gmail.com

ABSTRAK

Kompleksitas yang ditimbulkan akibat permasalahan sampah memerlukan adanya kajian mendasar yang mampu mengidentifikasi topik kajian yang terbaru dari berbagai perspektif tidak hanya satu disiplin ilmu namun juga dalam konteks multidisiplin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kajian yang sering dibahas terkait tema pengelolaan sampah sehingga membantu peneliti mendapatkan kesenjangan masalah dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)*. Pencarian artikel menggunakan mesin pencarian *publish or perish* dengan sumber *scopus*. Ditemukan sebanyak 125 artikel dengan kata kunci *Reduce, AND Reuse, AND Recycle, AND Municipal, AND Solid, AND Waste, AND Management AND, System*. Artikel ditelaah menggunakan diagram PRISMA dan diperoleh hasil 30 artikel untuk diolah dan ditelusuri lebih lanjut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa negara maju telah melakukan kegiatan pengurangan sampah secara efisien sehingga residu yang dibuang ke TPA hanya 1%. Negara maju juga telah berhasil memanfaatkan teknologi untuk mengubah sampah menjadi energi alternatif. Sebaliknya pada negara berkembang hampir memiliki permasalahan yang sama dalam penerapan 3R. Kurangnya kesadaran dan inisiatif masyarakat menjadi tantangan dalam pengelolaan sampah. Selain itu terbatasnya teknologi yang dimiliki, regulasi yang tidak ketat, dan kurangnya dukungan ekonomi menjadi penghambat negara berkembang dalam melakukan pengelolaan sampah berbasis 3R.

Kata Kunci : 3R, Manajemen Pengelolaan Sampah Perkotaan, Sistematis Literatur Review

ABSTRACT

*The complexity arising from waste problems requires fundamental studies that can identify the latest research topics from various perspectives, not only from a single discipline but also in a multidisciplinary context.. The purpose of this research is to identify studies frequently discussed related to the theme of waste management, thereby helping researchers identify gaps in the issues from previous studies that have been conducted. This research uses the Systematic Literature Review method. (SLR). Searching for articles using the Publish or Perish search engine with Scopus sources. A total of 125 articles were found with the keywords *Reduce, AND Reuse, AND Recycle, AND Municipal, AND Solid, AND Waste, AND Management AND, System*. The articles were reviewed using the PRISMA diagram, resulting in 30 articles for further processing and investigation. Research results show that developed countries have efficiently carried out waste reduction activities, resulting in only 1% of waste being sent to landfills. Developed countries have also successfully utilized technology to convert waste into alternative energy. Conversely, developing countries almost face the same issues in implementing the 3Rs. The lack of public awareness and initiative poses a challenge in waste management. Additionally, limited technology, lax regulations, and insufficient economic support hinder developing countries in managing waste.*

Keywords: 3R, Urban Waste Management, Systematic Literature Review.

PENDAHULUAN

Tantangan pengelolaan sampah dirasakan secara global di seluruh dunia. Hal ini disebabkan oleh cepatnya urbanisasi, meningkatnya jumlah penduduk dunia dan kegiatan antropogeniknya, meningkatnya angka konsumsi serta terbatasnya infrastruktur menjadi salah satu tantangan besar yang dihadapi dunia global dalam pengelolaan sampah. Kota-kota di seluruh dunia menghasilkan sekitar 2,01 miliar ton sampah padat setiap tahunnya. Diperkirakan jumlah timbunan sampah akan meningkat menjadi 3,4 miliar ton pada tahun 2050 jika tidak ada tindakan intervensi yang signifikan.^{1,2} Negara dengan penghasilan tinggi menghasilkan sampah per kapita yang jauh lebih tinggi dibandingkan negara berpenghasilan rendah.²

Pada negara berkembang seperti India dan Indonesia urbanisasi yang pesat membuat permasalahan sampah semakin kompleks. Pertumbuhan populasi yang pesat mengakibatkan meningkatnya jumlah konsumsi yang menghasilkan produk samping berupa sampah, namun infrastruktur yang tersedia untuk mengelola sampah belum memadai. (Boom Cárcamo & Peñabaena-Niebles, 2022). Sebaliknya pengelolaan sampah di negara-negara maju di Eropa seperti Jerman dan negara *Scandinavia* telah menggunakan pendekatan *Waste to Energy* dan *Landfill Diversion* untuk mengurangi ketergantungan pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).⁴ Salah satu upaya yang dilakukan negara maju tersebut adalah dengan mendaur ulang (*recycle*). Tingkat daur ulang di negara maju mencapai lebih dari 50% dari total sampah yang dihasilkan.⁵

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia dengan laju pertumbuhan penduduk mencapai 1% dari tahun 2023 ke tahun 2024.⁶ Besarnya jumlah penduduk ini berpotensi meningkatkan jumlah

sampah akibat aktivitas antropogenik yang dilakukan manusia. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) jumlah sampah di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 33,3% pada tahun 2021.⁷ Jumlah timbunan sampah yang diproduksi oleh 366 Kabupaten dan Kota seluruh Indonesia mencapai 38,8 juta ton per tahun pada tahun 2023. Proporsi sampah terbesar adalah sampah rumah tangga yang mencapai 42,2%, dilanjutkan dengan sampah yang berasal dari perdagangan/ perniagaan sebesar 19,11% dan sampah pasar 15,26%. Data KLHK mencatat bahwa pengurangan sampah hanya 13,67% per tahun di seluruh kabupaten/kota di Indonesia.⁸ Tingginya jumlah timbunan sampah ini tentunya akan mempercepat pemenuhan TPA di masing-masing kota/kabupaten di Indonesia.

Pembuangan sampah ke TPA tanpa melalui proses pemilahan sampah pada sumbernya berpotensi memperpendek usia TPA dan membuat potensi sumber daya yang bernilai ekonomis terbuang percuma. Berdasarkan data KLHK sebagian besar sampah yang berakhir di TPA adalah sampah rumah tangga yang diperkirakan 57% adalah sampah organik. (KLHK, 2023). Sampah organik yang tidak dikelola dengan baik merupakan salah satu penyumbang emisi karbon dan gas rumah kaca (GRK) yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat.⁹ Emisi karbon dan GRK yang dihasilkan akibat timbunan sampah organik di TPA dapat diminimalisir dengan melakukan pemilahan dan menjadikan sampah organik sebagai bahan utama pembuatan kompos yang memiliki nilai ekonomi.¹⁰ Selain itu limbah rumah tangga seperti sampah plastik dan karton bekas jika dipilah dari sumbernya dapat memiliki nilai ekonomis dan dapat menyumbang dalam ekonomi sirkular.⁷

Berbagai penelitian dan riset mengenai masalah sampah perkotaan telah banyak dilakukan di seluruh dunia. Untuk

mengakomodir kompleksitas yang ditimbulkan akibat permasalahan sampah diperlukan adanya kajian mendasar yang mampu mengidentifikasi topik kajian yang terbaru dari berbagai perspektif tidak hanya satu disiplin ilmu namun juga dalam konteks multidisiplin ilmu. Kaitan permasalahan sampah dapat dikaitkan dengan kajian perubahan iklim dan pencemaran lingkungan yang kemudian berdampak pada kesehatan masyarakat. Selain itu kajian mengenai masalah sampah perkotaan dapat mulai dikaji dalam konteks ekonomi sirkular. Untuk itu diperlukan kajian literatur dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) agar keterbaruan riset dan tema yang sedang banyak dikaji dapat ditentukan serta dapat menentukan kesenjangan topik kajian pada studi selanjutnya.

METODE PENELITIAN

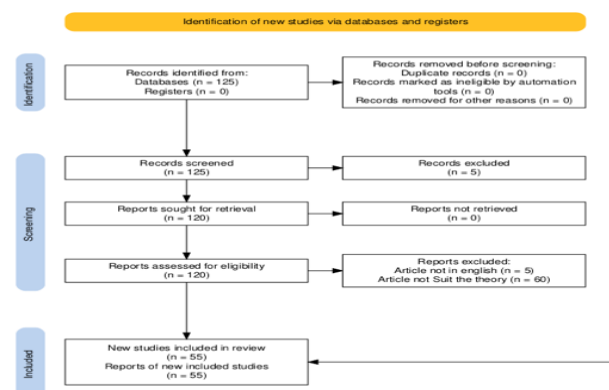
Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi semua literatur yang telah didapatkan berdasarkan *keyword* / topik yang telah ditentukan untuk mendapatkan kesimpulan terhadap permasalahan penelitian yang telah dirumuskan. Rumusan masalah yang ditetapkan yaitu bagaimana penerapan 3R dalam pengelolaan sampah di Dunia. Kata kunci yang dipilih adalah *Reduce*, *AND Reuse*, *AND Recycle*, *AND Municipal*, *AND Solid*, *AND Waste*, *AND Management* *AND*, *System*. Data dibatasi 5 tahun terakhir yaitu tahun 2019 sampai dengan 2024. Data yang didapatkan berupa artikel yang berasal dari *Scopus* dengan menggunakan aplikasi *Publish or Perish*. Data yang telah diperoleh disimpan dalam bentuk *file Reseach Information System* (RIS) ataupun *Comma Separated Value* (CSV). Setelah mendapatkan data RIS atau CSV selanjutnya artikel yang diperoleh

discreening ulang menggunakan diagram PRISMA dan dianalisis dengan aplikasi *Vos Viewer*.

HASIL PENELITIAN

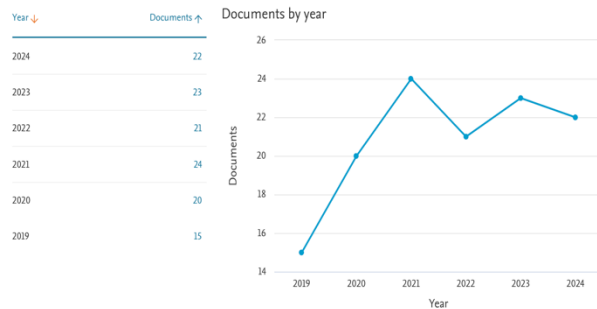
1. HASIL PENCARIAN ARTIKEL DAN DIAGRAM ALIR PRISMA

Ditemukan 125 artikel dengan kata kunci *KEY (reduce, AND reuse, AND recycle, AND solid, AND waste AND management) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2025*. Artikel yang ditemukan kemudian dilakukan seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan kriteria eksklusi. Adapun kriteria eksklusi yang ditetapkan antara lain artikel yang diterbitkan harus dalam Bahasa Inggris, artikel harus dapat diakses penuh, artikel harus sesuai dengan teori, serta artikel yang diteukan tidak tidak terlalu teknik dan matematikal. Semua artikel yang diperoleh di saring berdasarkan abstrak dan hasil penelitian sehingga diperoleh artikel yang selanjutnya akan dimasukkan ke dalam proses review. Jumlah artikel yang diperoleh, di review dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :



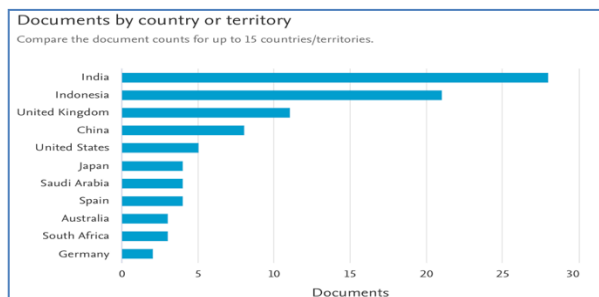
Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Berdasarkan diagram PRISMA didapatkan hasil bahwa ada 125 artikel dalam penjaringan dan ada 55 artikel yang eligible untuk dilakukan proses review. Distribusi jumlah artikel yang diterbitkan per tahun dapat dilihat pada Gambar 2 berikut :



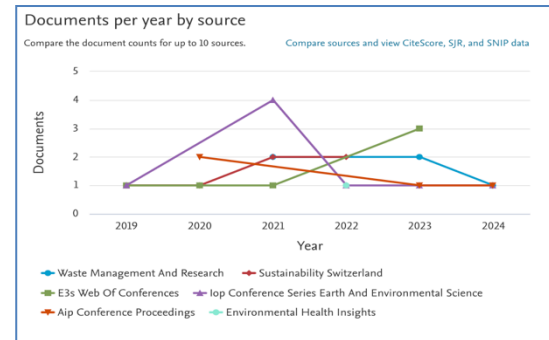
Gambar 2. Artikel Berdasarkan Tahun Terbit

Berdasarkan gambar 2 di atas diperoleh hasil bahwa artikel yang relevan paling banyak diterbitkan pada tahun 2021, jumlahnya kemudian menurun pada tahun 2022 dan kemudian meningkat kembali pada tahun 2023 dan kembali menurun pada tahun 2024. Adapun negara yang paling banyak membahas dengan tema yang relevan dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



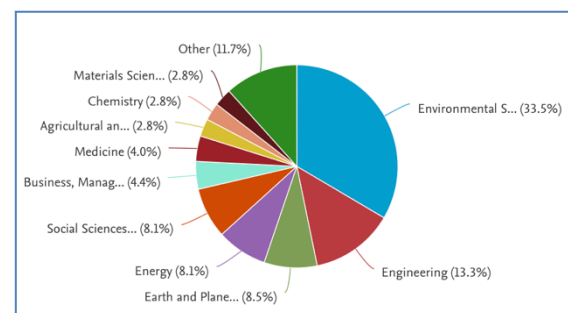
Gambar 3. Distribusi Artikel Berdasarkan Negara (Sumber: Scopus)

Berdasarkan gambar di atas diperoleh hasil bahwa negara India dan Indonesia merupakan negara yang paling banyak membahas artikel yang berkaitan dengan kata kunci. Negara Inggris, China, Amerika, dan Jepang masuk ke dalam 10 besar negara yang banyak menulis mengenai manajemen pengelolaan sampah perkotaan. Jurnal yang menjadi tempat dipublikasikannya artikel yang teridends *Scopus* ini dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. . Distribusi Artikel Berdasarkan Penerbit (Sumber: Scopus)

Berdasarkan gambar di atas artikel penelitian yang berkaitan dengan *Municipal Solid Waste and 3R* banyak diterbitkan pada jurnal *Waste Management and Research*, *Sustainability*, dan *Conference Proceeding* sedangkan jurnal yang berkaitan dengan kesehatan dan lingkungan seperti *Environmental Health Insights* hanya pernah mempublikasi artikel yang relevan dengan kata kunci pada tahun 2022, dan tidak pernah lagi di tahun 2023 dan 2024. Distribusi bidang ilmu pada artikel yang relevan dengan kata kunci dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini :



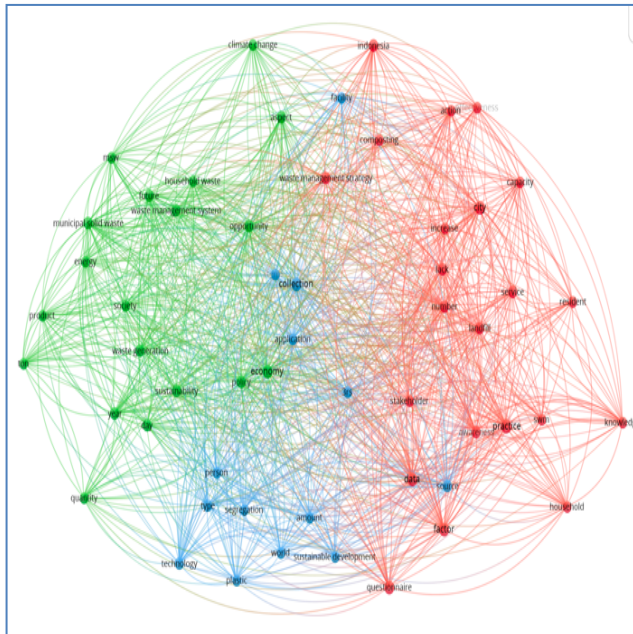
Gambar 5. Artikel Berdasarkan Bidang Ilmu (Sumber: Scopus)

Berdasarkan gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa bidang ilmu lingkungan menjadi ranah yang paling besar dalam menerbitkan artikel yang relevan dengan kata kunci yang ditetapkan. Bidang ilmu Teknik, Energi, Sosial, dan Ekonomi menjadi ranah terbesar setelah bidang Ilmu

Lingkungan dalam membahas artikel yang relevan dengan kata kunci yang ditetapkan sedangkan bidang ilmu kesehatan dan pertanian menjadi bidang ilmu yang cukup sedikit dalam membahas masalah yang berkaitan dengan kata kunci yaitu 3R dan pengelolaan sampah padat perkotaan.

2. ANALISIS JARINGAN (*Vos Viewer*)

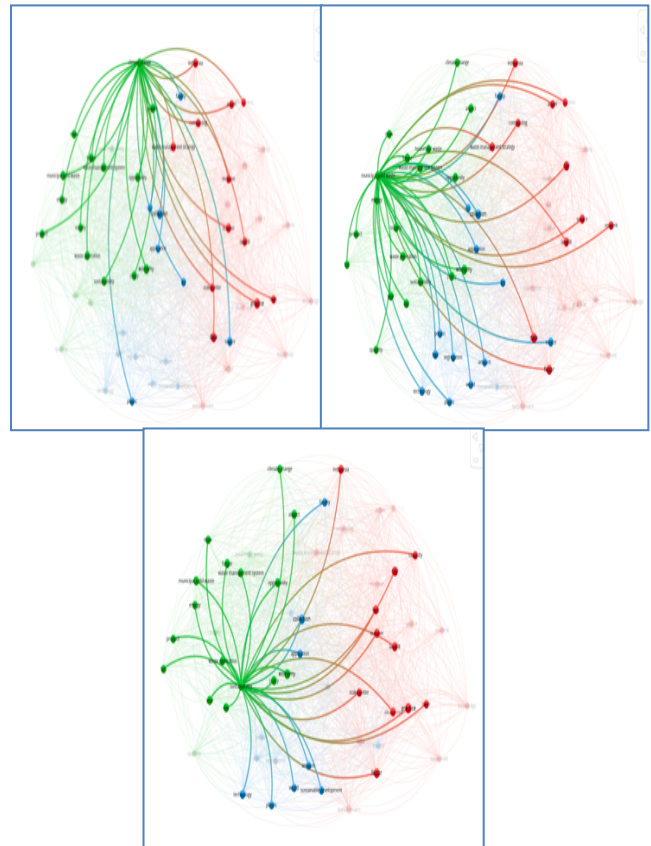
Setelah didapatkan 125 artikel di mesin pencarian *Publish or Perish* pada laman *Scopus*, selanjutnya data RIS atau CSV dianalisis dengan aplikasi *Vos Viewer*. Hasil Analisis *Vos Viewer* dapat dilihat pada gambar 6 berikut :



Gambar 6. Visualisasi Jaringan *Vos Viewer*

Berdasarkan gambar 6 jaringan yang terbentuk sebanyak 1075 jaringan dan 3 buah kluster. Jaringan yang terbentuk mewakili hubungan antar topik atau kata kunci dalam konteks pengelolaan sampah perkotaan. *Node* terbesar berada pada kata kunci "climate change", "municipal solid waste", dan "economy". Jaringan juga dibedakan berdasarkan 3 kluster warna yaitu hijau, biru, dan merah. Keterkaitan

antar kluster warna dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Kluster warna (a). Jaringan yang terbentuk dari "Climate change"; (b). Jaringan yang terbentuk dari "Municipal Solid Waste"; (c) Jaringan yang terbentuk dari "Sustainability".

Berdasarkan gambar 7 di atas dapat diartikan bahwa warna hijau merupakan kluster yang berhubungan dengan "climate change", "municipal solid waste", "waste management system". Warna biru merupakan kluster yang berhubungan dengan "economy", "policy", "dan sustainability", dan topik terkait lainnya. Warna merah menggambarkan kluster yang berhubungan dengan "city", "landfill", "household", dan topik terkait. Kluster hijau memiliki banyak koneksi pada kluster biru (bidang ilmu ekonomi) hal ini menunjukkan adanya hubungan erat antara isu lingkungan dan ekonomi dalam konteks pengelolaan sampah. Namun tidak

ditemukan *node* atau jaringan dalam bidang kesehatan pada jaringan tersebut.

3. ANALISIS KOMPARASI BERBAGAI NEGARA

Penerapan 3R di berbagai negara dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Penerapan 3R di beberapa Negara(3)

No	Negara	Implementasi 3R
1	Jerman	1. Tingkat daur ulang mencapai 67%. 2. Kebijakan yang digunakan <i>Pfand</i> (sistem deposit) sistem ini mendorong masyarakat untuk mengembalikan botol plastik dan kaca.
2	Swedia	1. Mengubah sampah menjadi energi (<i>Waste to Energi</i>) mencapai 99%, hanya 1% sampah yang dibuang ke TPA. 2. Negara Swedia mengimpor sampah dari negara lain karena memiliki kemampuan negaranya yang sangat efisien dalam menangani sampah domestik
3	Korea Selatan	1. 95% sampah makanan berhasil di daur ulang melalui program pemilahan yang ketat. 2. Komposting dilakukan untuk mengolah sampah makanan. 3. Adanya sistem kebijakan yang disebut " <i>pay as you throw</i> " dan regulasi yang ketat membuat tingkat daur ulang mencapai 57%.
4	Jepang	1. Adanya kebijakan wilayah yang disebut dengan " <i>Zero Waste Town</i> " membuat tingkat daur ulang di Jepang mencapai 80%. 2. Pemilahan sampah diatur dalam regulasi dan membuat 45 kategori pemilahan sampah.
5	Belanda	1. Menerapkan konsep ekonomi sirkular dengan target sampah residu menurun di tahun 2050. 2. Tingkat daur ulang negara ini mencapai 79%.
6	Zambia (11)	1. Antusiasme masyarakat belum tinggi dalam melakukan 3R. 84,2% masyarakat menunjukkan sikap negatif dalam pengurangan limbah. 2. Lemahnya penegakkan hukum dan keterbatasan keuangan menjadi kendala dalam pengelolaan limbah.
7	Brunei Darussalam	1. Menerapkan kebijakan 4R (3R plus <i>Recovery</i>) namun belum ada inisiatif daur ulang yang komprehensif dari masyarakat serta tidak ada standar pengelolaan limbah.
8	Indonesia(9) (12)(13)	1. Tingkat daur ulang nasional hanya 11 – 14% dari total sampah yang dihasilkan. 2. Adanya inisiatif masyarakat seperti bank sampah di seluruh Indonesia, yaitu tersedianya 8000 unit bank sampah aktif di Indonesia. 3. Jumlah penduduk yang banyak dan akses tiap daerah yang berbeda-beda menjadi salah satu tantangan pengelolaan sampah di Indonesia. 4. Kurangnya teknologi yang dapat melakukan daur ulang.

Berdasarkan Tabel 1 di atas dapat disimpulkan bahwa pada negara maju telah melakukan kegiatan pengurangan sampah secara efisien sehingga residu yang dibuang ke TPA hanya 1%. Sebagian negara maju juga telah berhasil memanfaatkan teknologi untuk mengubah sampah menjadi energi alternatif. Sebaliknya pada negara berkembang hampir memiliki

permasalahan yang sama dalam penerapan 3R. Kurangnya kesadaran dan inisiatif masyarakat menjadi tantangan yang dalam pengelolaan sampah pada hampir semua negara berkembang. Selain itu terbatasnya teknologi yang dimiliki dan juga kurangnya dukungan ekonomi menjadi penghambat negara berkembang dalam melakukan pengelolaan sampah.

PEMBAHASAN

Beberapa artikel yang direview menggambarkan kompleksitas pengelolaan sampah di negara berkembang seperti Indonesia. Salah satu pemicunya adalah meningkatnya jumlah populasi penduduk yang juga meningkatkan angka konsumsi, serta tingginya angka urbanisasi. Berbanding terbalik dengan negara maju, sistem pengelolaan sampah di negara maju sudah memasuki fase *Waste to Energi* dimana angka daur ulang telah mencapai 90% dan sampah yang dibuang ke TPA hanya 1 % dari total sampah yang dihasilkan. Keberhasilan negara maju menurunkan angka timbulan sampah ke TPA salah satunya karena inovasi teknologi dan tingkat perekonomian negara maju yang relatif lebih baik jika dibandingkan dengan negara-negara berkembang.^{11,14-16}

Penelitian mengenai sampah perkotaan dan hubungannya dengan berbagai variabel ditelusuri menggunakan aplikasi *vos viewer*. Hasilnya diperoleh 3 kluster utama berdasarkan warna yaitu hijau, biru, dan merah. Masing – masing warna memaparkan keterkaitan antara kata kunci yaitu "*climate change*", "*municipal solid waste*", "*waste management system*", "*economy*", "*policy*", "*dan sustainability*", "*city*", "*landfill*", "*household*", dan topik terkait.

Masing-masing kluster memperlihatkan keterkaitan satu sama lainnya akan tetapi tidak ditemukan tidak ditemukan *node* atau jaringan dalam bidang kesehatan pada antar kluster. Oleh karena itu, penelitian yang mengaitkan dampak pengelolaan sampah perkotaan dengan kesehatan masyarakat sebaiknya dilakukan karena efek perubahan iklim akibat buruknya manajemen pengelolaan sampah perkotaan dapat memberikan efek pada kesehatan masyarakat.

Pengelolaan sampah organik yang kurang tepat dan tidak efisien berkaitan erat

dengan isu perubahan iklim seperti emisi gas rumah karena timbulan sampah organik di TPA menghasilkan senyawa *methane*. Padahal sampah organik jika terpilah dengan baik dapat dimanfaatkan kembali menjadi kompos dan dapat menghasilkan senyawa *methane* yang juga bermanfaat sebagai energi alternatif. Oleh sebab itu penerapan prinsip *Reduce, Reuse, Recycle* (3R) menjadi langkah penting untuk mengurangi dampak lingkungan selain itu penerapan 3R dapat memiliki manfaat dari sisi ekonomi terutama dengan meningkatkan daur ulang sampah organik menjadi kompos dan optimalisasi program pemilahan sampah plastik. Perbedaan yang signifikan dalam penerapan 3R di negara maju dan negara berkembang seperti Jerman, Swedia, dan Korea Selatan sistem daur ulang diterapkan dalam aturan yang ketat dan berfokus pada minimalisasi jumlah sampah yang dikirim ke TPA. Pada negara berkembang seperti Zambia dan Indonesia kendala pada penerapan sistem 3R sebagian besar disebabkan oleh kurangnya kesadaran masyarakat, tidak adanya aturan yang ketat serta teknologi yang tidak memadai.¹¹

Pada sebagian artikel yang ditemui didapatkan hasil bahwa pendekatan multidisiplin penting untuk diterapkan dalam dalam pengelolaan sampah karena permasalahan sampah tidak hanya terkait dengan isu lingkungan tetapi juga memengaruhi aspek ekonomi, sosial, dan kesehatan masyarakat. Penelitian yang dilakukan oleh Sakanyi, G et al, menemukan bahwa kurangnya kesadaran masyarakat, tidak adanya regulasi, tidak adanya integrasi pemerintah dan masyarakat dalam manajemen pengelolaan sampah merupakan faktor penghambat implementasi 3R di negara Zambia.¹¹ Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zorpras yang hasilnya

menemukan adanya korelasi yang signifikan mengenai penerapan prinsip-prinsip ekonomi sirkular melalui eksplorasi komprehensif dari berbagai 'R' di luar kerangka *Reduce-Reuse-Recycle* yang konvensional.¹⁰ Chua J, et al menemukan bahwa lebih dari 65% responden yang diwawancarai sudah menerapkan prosedur sistematis untuk *Capital Waste Management* (CWM), selaras dengan praktik 3R (mengurangi, menggunakan kembali, mendaur ulang) di Malaysia namun masih perlu ditingkatkan.¹⁷ Chua J, et al juga menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk mengeksplorasi hambatan dan implikasi di bidang ekonomi dalam menerapkan penerapan kerangka kerja 3R yang diteliti.¹⁸

Penelitian yang dilakukan oleh Wilson, DC et al diperoleh hasil yang signifikan mengenai peran pengelolaan limbah padat *Solid Waste Management* (SWM) dalam mitigasi iklim. Hasil diperoleh bahwa perlu untuk mengenali dan meningkatkan peran pengelolaan limbah padat dalam aksi iklim global, terutama dalam konteks krisis iklim yang sedang berlangsung.¹⁶ Penelitian yang dilakukan Mulindwa M, et al untuk melihat status sirkularitas pengelolaan limbah di antara perusahaan manufaktur, pengelolaan limbah, dan daur ulang di Kigali, Rwanda. Diperoleh gambaran komprehensif tentang keadaan praktik pengelolaan limbah di Kigali dan diperlukan strategi untuk mempromosikan sirkularitas di wilayah tersebut.¹⁹ Hasil penelitian ini berupa gambaran implementasi dan efektivitas Situs Pembuangan Sementara Berbasis *Reduce, Reuse*, dan Daur Ulang (3R-TDS) dalam mengelola limbah padat kota. Perlu adanya peningkatan dan kolaborasi agar potensi 3R-TDS dalam meningkatkan pengelolaan limbah padat kota melalui desain yang efektif, keterlibatan masyarakat, dan perencanaan ekonomi.²⁰

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, metode *Systematic Literature Review* yang digunakan dalam artikel ini memiliki kelebihan dalam memberikan gambaran menyeluruh tentang penerapan prinsip 3R dan pengelolaan sampah perkotaan dari berbagai negara yang berfokus pada pendekatan multidisiplin. Namun, kekurangan metode ini adalah kurangnya data primer dan potensi bias dalam seleksi literatur yang bisa membatasi pemahaman yang lebih spesifik tentang konteks pengelolaan sampah di berbagai negara.

Densitas penelitian terkait dengan *keyword* yang dipilih oleh peneliti dapat diperkirakan kekosongan area penelitian. Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa densitas atau kepadatan penelitian yang berkaitan dengan pengelolaan sampah dan penerapan 3R dan kaitannya dengan efek kesehatan masih jarang dipublikasikan khususnya pada artikel yang dipublikasikan pada jurnal yang terindeks scopus.

Metode ini tetap efektif dalam mengidentifikasi tren global dan kesenjangan penelitian yang perlu dijawab oleh studi lanjutan, terutama dalam konteks penerapan teknologi dan kesadaran masyarakat di negara berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

1. The World Bank. 2021. Plastic Waste Discharge. From Rivers and Coastlines In Indonesia.
2. Mita Defitri.. 2023. Permasalahan Sampah Global: Tantangan dan Solusinya. <https://waste4change.com/blog/permasalahan-sampah-global-tantangan-dan-solusinya/>
3. Boom Cárcamo EA, Peñabaena-Niebles R. Opportunities and challenges for the waste management in emerging and frontier countries through industrial symbiosis. *J Clean Prod.* 2022 Aug 20;363.

4. Sondh S, Upadhyay DS, Patel S, Patel RN. Strategic approach towards sustainability by promoting circular economy-based municipal solid waste management system- A review. *Sustain Chem Pharm.* 2024 Feb 1;37.
5. Hisyam Khalid. <https://environment-indonesia.com/pengelolaan-sampah-di-negara-negara-maju/>. 2020. <https://environment-indonesia.com/pengelolaan-sampah-di-negara-negara-maju/>.
6. BPS RI. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. Indonesia; 2023.
7. KLHK. Antisipasi Nataru 2023-2024, Klhk Adakan Sosialisasi Dan Koordinasi Pengendalian Sampah. https://info3r.menlhk.go.id/berita/detail/berita-26-v_berita. 2023; <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.
8. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. 2024. Atasi Sampah Plastik dengan Cara Produktif.
9. Syafrudin, Budihardjo MA, Yuliasuti N, Ramadan BS. Assessment of greenhouse gases emission from integrated solid waste management in Semarang city, Central Java, Indonesia. *Evergreen.* 2021 Mar 1;8(1):23–35.
10. Zorpas AA. The hidden concept and the beauty of multiple “R” in the framework of waste strategies development reflecting to circular economy principles. *Science of the Total Environment.* 2024 Nov 20;952.
11. Sakanyi G, Kooma EH. Managing Municipal Solid Waste Issues; Sources, Composition, Disposal, Recycling, and Volarization, Chililabombwe District, Zambia. *Texila International Journal of Public Health.* 2022 Dec 1;10(4).
12. Viantikasari M, Purwanto P, Budihardjo MA. The Study of Solid Waste Management to Extend the Lifetime of Sukoharjo Landfill, Pati Regency. Available from: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201>
13. Listiningrum P, Dahlan M, Anis M, Al Anwary Z, Wahyuni HS, Bachtiar R. 224 Prisca Listiningrum, et. al. Legality: *Jurnal Ilmiah Hukum Waste Management Without Direction in Indonesia: A Proposed Legal Reform Towards Smart Cities.* Available from: <http://www.ejournal.umm.ac.id/index.php/legality>
14. Syafrudin, Budihardjo MA, Yuliasuti N, Ramadan BS. Assessment of greenhouse gases emission from integrated solid waste management in Semarang city, Central Java, Indonesia. *Evergreen.* 2021 Mar 1;8(1):23–35.
15. Tran MD, Pushkareva L. Implementation of the law on solid waste management in Vietnam today: Necessity, problem and solutions. In: *E3S Web of Conferences.* EDP Sciences; 2020.
16. Wilson DC, Paul J, Ramola A, Filho CS. Unlocking the significant worldwide potential of better waste and resource management for climate mitigation: with particular focus on the Global South. *Waste Management and Research.* 2024 Oct 1;
17. Chua J, Min S, Thing HW, Yoon Jing C, Mahmud AT, Ashraf M, et al. Development Of Procedural Framework For 6r Implementation In Construction Waste Management. Vol. 22, *Planning Malaysia Journal of the Malaysia Institute of Planners.* 2024.
18. Chua J, Min S, Thing HW, Yoon Jing C, Mahmud AT, Ashraf M, et al. Development Of Procedural Framework For 6r Implementation In Construction Waste Management. Vol. 22, *PLANNING MALAYSIA Journal of the Malaysia Institute of Planners.* 2024.
19. Mulindwa MS, Akor J, Auta M, Nijman-Ross E, Ogutu MO. Assessing the circularity status of waste management among manufacturing, waste management, and recycling companies in Kigali, Rwanda. *Frontiers in Sustainability.* 2023;4.
20. Cahyonugroho OH, Hidayah EN, Firdaus E, Khotimah K. The Planning Of Reduced, Reuse, And Recycle-Based Temporary Disposal Site. *Civil and Environmental Engineering.* 2024 Jun 1;20(1):593–9.