

LITERATURE REVIEW: FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENGGUNAAN ALAT PELINDUNG DIRI (APD) DALAM PENCEGAHAN KECELAKAAN KERJA PADA KONSTRUKSI

Fairuz Akbar Budiman, Ihsan Fauzian Aldora, Fadhil Muhammad Nuryanto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Kawasan IPSC Sentul, Citeureup, Bogor, Indonesia, 16810

fairuzakbaridu@gmail.com

Abstrak

Industri konstruksi dikenal memiliki risiko kecelakaan yang cukup tinggi, menjadikan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) sebagai langkah penting dalam upaya mengurangi bahaya. Dalam tinjauan literatur ini, terdapat lima faktor yang mempengaruhi penggunaan APD, yaitu kepatuhan dalam menggunakan APD, pelatihan keselamatan, tingkat kecelakaan, pengawasan, dan ketersediaan APD. Di antara faktor-faktor tersebut, kepatuhan penggunaan APD dan ketersediaan APD menjadi yang paling krusial dalam mencegah kecelakaan. Meskipun pelatihan keselamatan dan pengawasan juga memiliki peranan, kepatuhan pekerja menjadi elemen kunci untuk meningkatkan keselamatan di tempat kerja. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya upaya peningkatan kepatuhan dan penyediaan APD yang memadai guna mengurangi risiko kecelakaan di proyek konstruksi.

Kata Kunci : *Alat Pelindung Diri, Keselamatan Konstruksi, Kepatuhan Pekerja, Pelatihan Keselamatan*

I. PENDAHULUAN

Industri Konstruksi dikenal sebagai salah satu bidang dengan tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi. Pekerjaan ini memiliki risiko cedera dua kali lebih tinggi di banding pekerjaan Industri lain (Elesawy et al., 2024). Pekerjaan Ini menuntut Pekerjaannya untuk berhadapan dengan berbagai bahaya, mulai dari ketinggian, alat berat, material Berbahaya hingga cuaca yang tidak menentu.

Faktor-faktor ini membuat pekerja tak jarang dalam bahaya yang signifikan, sehingga mengakibatkan kematian dan cedera setiap tahun (Do et al., 2023). Dalam menghadapi risiko ini, penerapan standar keselamatan kerja bukan skadar formalitas, tetapi sebuah keharusan. Salah satu elemen terpenting dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman adalah penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

Alat pelindung diri (APD) adalah peralatan yang dikenakan oleh pekerja untuk melindungi mereka dari berbagai ancaman yang dapat menyebabkan cedera, seperti bahan kimia yang jatuh, bahaya listrik, dan risiko lainnya (Guan et al., 2019a). Kepatuhan Terhadap Penggunaan APD bukan hanya sebatas kewajiban, tetapi juga merupakan bentuk investasi dalam keselamatan dan produktifitas kerja yang berkelanjutan (Do et al., 2023). Maka dari itu memastikan penerapan penggunaan APD bagi para pekerja dengan benar adalah langkah krusial untuk menjaga Keselamatan Mereka di Tempat Kerja.

Meskipun penggunaan alat pelindung diri (APD) di proyek konstruksi dapat mencegah berbagai jenis kecelakaan, kepatuhan terhadap penggunaannya masih menjadi masalah yang signifikan. Beberapa pekerja enggan menggunakan APD karena merasa tidak nyaman atau tidak mempercayai efektivitasnya. Selain itu, pengawasan yang tidak memadai dari manajemen dan kurangnya ketersediaan APD yang sesuai dengan standar juga menjadi faktor yang memperburuk masalah ini (Alahmid et al., 2024). Di sisi lain, pekerja sering kali mengabaikan

penggunaan APD saat bekerja di area dengan risiko rendah atau saat mereka merasa terburu-buru, meskipun ini meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan.

Ketidakpatuhan terhadap penggunaan APD di proyek konstruksi dapat menimbulkan dampak yang sangat merugikan bagi pekerja dan perusahaan. Pekerja yang tidak menggunakan APD berisiko tinggi mengalami cedera fisik seperti patah tulang, luka bakar, atau keracunan bahan kimia (Chan et al., 2023). Dampak lainnya termasuk meningkatnya biaya operasional proyek akibat kecelakaan kerja yang menunda penyelesaian proyek dan mengurangi produktivitas. Selain itu, perusahaan yang sering mengalami kecelakaan di lokasi konstruksi akan mengalami penurunan reputasi di mata klien dan publik, yang dapat berdampak negatif terhadap peluang proyek di masa depan (Das et al., 2023)

Penggunaan APD yang tepat sangat penting bagi keselamatan pekerja konstruksi dan dapat menjadi faktor penting antara keselamatan dan keamanan. Beberapa penelitian kini telah menunjukkan hubungan yang signifikan antara penggunaan APD dan cedera terkait pekerjaan (Sehsah et al., 2020). Oleh karena itu di perlukan Penerapan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang tepat untuk mencegah kecelakaan dalam sebuah proyek konstruksi

Literature Review ini bertujuan untuk membahas berbagai faktor yang memengaruhi penggunaan alat pelindung diri (APD) dalam upaya pencegahan kecelakaan kerja di proyek konstruksi. Melalui review ini, kita akan mengeksplorasi bagaimana APD berperan penting dalam melindungi pekerja dari berbagai bahaya fisik dan kimia yang umum dihadapi di lokasi konstruksi, serta menilai efektivitas APD dalam menekan angka kecelakaan. Selain itu, penelitian ini juga akan mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kepatuhan pekerja dalam penggunaan APD, seperti pelatihan, pengawasan, dan ketersediaan APD yang memadai.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode tinjauan literatur (*literature review*) untuk mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi peran penggunaan alat pelindung diri (APD) dalam menekan angka kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Sumber data dalam studi ini diperoleh melalui platform seperti *Scopus*, *Google Scholar*, dan *Research Gate*. Data yang digunakan mencakup publikasi dari tahun 2012 hingga 2025. Artikel-artikel terdahulu dikumpulkan dan dianalisis secara kualitatif oleh penulis.

2.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam mencegah kecelakaan kerja di proyek konstruksi. Ada lima variabel utama yang akan dianalisis seperti pada Tabel 1. .

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Variabel	Kode	Deskripsi
1	Kepatuhan Penggunaan APD	X1	Seberapa sering pekerja mengikuti aturan penggunaan APD. Penelitian menunjukkan bahwa kepatuhan pekerja sangat penting untuk mengurangi kecelakaan kerja
2	Pelatihan Keselamatan	X2	Bagaimana pelatihan keselamatan meningkatkan pemahaman pekerja tentang cara menggunakan APD dengan benar. Pelatihan yang baik dapat membuat pekerja lebih sadar akan pentingnya keselamatan
3	Tingkat Kecelakaan Kerja	X3	Menganalisis hubungan antara penggunaan APD dan kecelakaan yang terjadi. Penggunaan APD yang tepat terbukti mengurangi kecelakaan kerja
4	Pengawasan dan Kebijakan	X4	Mengkaji peran kebijakan dan pengawasan dalam memastikan pekerja mematuhi aturan penggunaan APD. Kebijakan yang jelas dan pengawasan yang ketat membantu mengurangi
5	Ketersediaan APD	X5	Menilai ketersediaan APD yang memadai di proyek konstruksi. Tanpa APD yang tepat, pekerja tidak dapat bekerja dengan aman

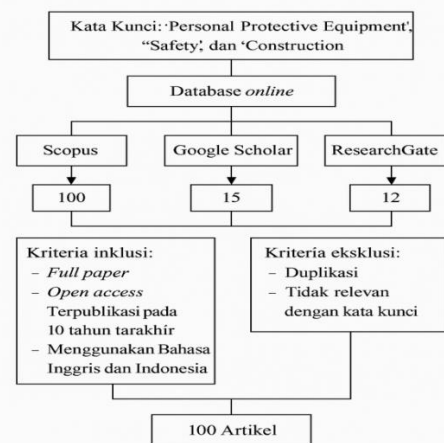
Sumber: Penulis 2025

Tabel 1 menyajikan variabel-variabel yang akan dibahas pada penelitian. Variabel-variabel yang dibahas meliputi kepatuhan pekerja dalam menggunakan APD, pelatihan keselamatan yang diberikan kepada pekerja, tingkat kecelakaan kerja yang terjadi di lokasi konstruksi, pengawasan kebijakan dari pihak perusahaan terkait penggunaan APD, serta ketersediaan APD yang memadai untuk para pekerja. Setiap variabel ini saling berinteraksi dan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas penggunaan APD, yang dapat

meminimalkan risiko kecelakaan kerja dalam proyek konstruksi.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan artikel literature review ini dilakukan melalui tiga database akademik yang terpercaya, yaitu *Scopus*, *Google Scholar*, dan *Research Gate*. Pencarian pertama dilakukan di *Scopus* menggunakan kata kunci "*Personal Protective Equipment*", "*Safety*", dan "*Construction*", yang menghasilkan 100 artikel. Setelah dilakukan seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, seperti relevansi dengan topik dan periode publikasi, jumlah artikel yang memenuhi kriteria berkurang menjadi 67 artikel. Selanjutnya, pencarian di *Google Scholar* menambahkan 15 artikel relevan, dan pencarian di *ResearchGate* menghasilkan 12 artikel.



Gambar 1. Literature Review

Gambar 1 di atas menggambarkan alur pengumpulan artikel menggunakan metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) SLR (*Systematic Literature Review*). Dalam alur ini, pencarian artikel dilakukan dengan menggunakan kata kunci '*Personal Protective Equipment*', '*Safety*', dan '*Construction*' pada tiga database online, yaitu *Scopus*, *Google Scholar*, dan *Research Gate*. Artikel yang diperoleh kemudian disaring berdasarkan kriteria inklusi seperti *full paper*, *open access*, publikasi dalam 13 tahun terakhir, serta menggunakan bahasa Inggris dan Indonesia, sedangkan artikel yang tidak relevan dan duplikat akan dikeluarkan sesuai dengan kriteria eksklusi.

2.4 Analisis Data

Dalam penelitian ini, metode PRISMA-SLR (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses -Systematic Literature Review*) digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang mempengaruhi penggunaan alat pelindung diri (APD) di proyek konstruksi. Proses analisis dimulai dengan identifikasi dan pencarian literatur melalui database seperti *Scopus*, *Google Scholar*, dan

Research Gate, menggunakan kata kunci yang relevan seperti "Personal Protective Equipment (PPE) in Construction Safety," "Factors Affecting PPE Compliance in Construction," dan "Safety Training and PPE Usage in Construction." Dari pencarian ini, diperoleh sejumlah artikel yang berpotensi relevan untuk dianalisis lebih lanjut.

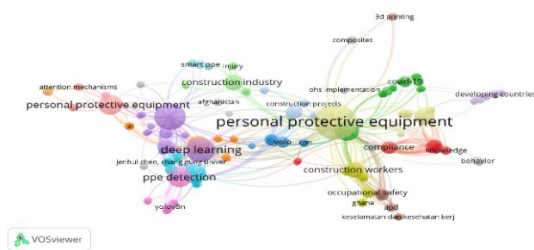
Langkah berikutnya adalah penyaringan literatur, di mana artikel yang ditemukan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Artikel yang tidak berkaitan langsung dengan penggunaan APD atau tidak membahas faktor yang mempengaruhinya dieliminasi. Setelah itu, dilakukan analisis kelayakan, di mana artikel yang telah lolos seleksi diperiksa lebih lanjut berdasarkan abstrak, metodologi, dan hasil penelitian untuk memastikan kesesuaian dengan tujuan studi.

Tahap terakhir adalah ekstraksi dan sintesis data, di mana informasi dari berbagai artikel dikumpulkan, dibandingkan, dan dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang paling sering muncul dalam penelitian terdahulu. Dari proses ini, ditemukan lima variabel utama yang berperan dalam penggunaan APD, yaitu: kepatuhan penggunaan PPE (X1), pelatihan keselamatan (X2), tingkat kecelakaan kerja (X3), pengawasan dan kebijakan (X4), serta ketersediaan PPE (X5). Semua variabel ini saling berkaitan dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman di proyek konstruksi.

III. HASIL

3.1 Kategori Pencarian

Di bawah ini adalah gambar peta jaringan kategori pencarian Jurnal dengan kata kunci yang menggambarkan hubungan berbagai faktor pengaruh penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam mencegah kecelakaan pada proyek konstruksi.



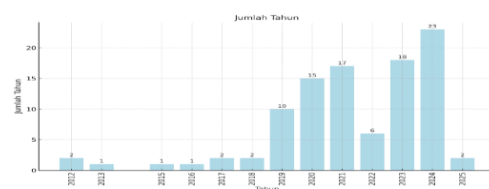
Gambar 2. Vos Viewer

Dalam penelitian ini, kami melakukan analisis terhadap 100 artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu antara tahun 2012 hingga 2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa artikel-artikel tersebut tersebar pada berbagai tahun, dengan distribusi yang bervariasi, yang menggambarkan bagaimana topik yang dibahas dalam artikel tersebut terus berkembang seiring berjalannya waktu (Kurmi et al., 2025)

Selain itu, artikel-artikel ini juga berasal dari berbagai negara, yang mencerminkan keberagaman kontribusi internasional terhadap topik yang dibahas. Negara-negara tersebut mencakup wilayah yang berbeda di seluruh dunia, menandakan bahwa penelitian tentang topik ini tidak terbatas pada satu daerah atau negara, melainkan menjadi perhatian global (Chan et al., 2023)

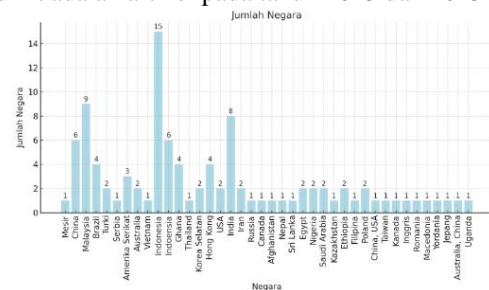
3.2 Kategori Jurnal

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai distribusi Jurnal, data lengkap mengenai Tahun Terbit, Negara Asal, dan Publisher dapat dilihat pada diagram batang berikut. Diagram ini akan membantu visualisasi bagaimana artikel-artikel tersebut tersebar, serta menunjukkan tren global dalam topik yang dibahas.



Gambar 3. Berdasarkan Tahun Terbit

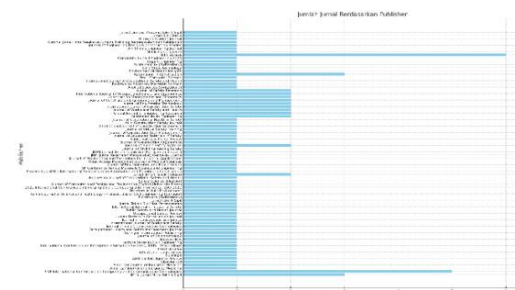
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa artikel yang diteliti adalah artikel 13 tahun terakhir. Artikel paling banyak merupakan tahun 2024 yaitu berjumlah 22 Artikel, Untuk artikel yang paling sedikit adalah artikel pada tahun 2013 dan 2015



Gambar 4. Berdasarkan Negara Asal

Sumber: Penulis 2025

Diagram ini menunjukkan jumlah kemunculan setiap negara berdasarkan data yang diberikan. Negara dengan jumlah kemunculan tertinggi adalah Indonesia, diikuti oleh India dan Malaysia.



Gambar 5. Berdasarkan Publisher

Sumber: Penulis 2025

Pengelompokan Jurnal Berdasarkan Publisher dapat dilihat pada Gambar 5 .Pada diagram Batang dapat di lihat bahwa Jurnal terbanyak pada penelitian ini di dapat dari Publisher IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) yakni sebanyak 6 Jurnal dalam Penelitian ini.

3.3 Meta Analisis

Dalam pengolahan data disajikan dalam bentuk tabel dengan menunjukan penulis dari paper yang kita review dan tahundari paper tersebut.Dalam tabel yang disajikan juga ada hasil Analisa variabel yang diwakili dengan kode ; X1) Kepatuhan Penggunaan PPE, X2) Pelatihan Keselamatan X3) Tingkat Kecelakaan Kerja X4) Pengawasan dan Kebijakan, X5) Ketersediaan PPE Yang dimana akan menjadi acuan untuk penentuan peran APD dalam konstruksi dari paper yang kita review.

Tabel 2. Rangkuman dari Hasil Literature Review

No.	Penulis	Tahun	X1	X2	X3	X4	X5
1	(Kurmi et al., 2025)	2025	✓	-	✓	✓	✓
2	(Kurmi et al., 2025)	2025	✓	✓	✓	-	✓
3	(Elesawy et al., 2024)	2024	✓	-	✓	-	✓
4	(Nazli et al., 2024)	2024	✓	✓	✓	-	✓
5	(Atasoy et al., 2024)	2024	✓	-	✓	✓	✓
6	(Vukicevic et al., 2024)	2024	✓	-	✓	-	✓
7	(Yang et al., 2024)	2024	✓	-	✓	✓	✓
8	(Hasibuan, 2024)	2024	✓	-	✓	✓	✓
9	(Yang et al., 2024)	2024	✓	-	-	-	-
10	(Kim et al., 2024)	2024	✓	-	-	-	-
11	(Alayyannur et al., 2024)	2024	✓	-	✓	-	✓
12	(Alahmid et al., 2024)	2024	✓	✓	✓	✓	✓
13	(Gungor, 2024)	2024	✓	-	✓	-	✓
14	(Septiyani et al., 2024), 2024)	2024	✓	-	✓	✓	✓
15	(Nurdiana Tanjung & Susilawati Susilawati, 2024)	2024	✓	✓	✓	✓	✓
16	(Do et al., 2023)	2024	✓	✓	-	✓	✓
17	(Ding & Luo, 2024)	2024	✓	-	✓	✓	✓
18	(Barlybayev et al., 2024)	2024	✓	-	✓	-	✓
19	(Yipeng & Junwu, 2024)	2024	✓	-	✓	-	✓
20	(Boakye et al., 2024)	2024	✓	✓	✓	✓	-
21	(Zhang et al., 2024)	2024	✓	-	✓	✓	✓
22	(Al-Azani et al., 2024)	2024	✓	-	-	✓	-

23	(Sanjeevani et al., 2024)	2024	✓	-	✓	✓	✓
24	(H. M. Ahmad & Rahimi, 2024)	2024	✓	-	-	-	✓
25	(Zhu et al., 2024)	2024	-	-	-	-	✓
26	(Ji et al., 2023)	2023	✓	✓	✓	✓	✓
27	(Al-Bayati et al., 2023)	2023	✓	✓	✓	✓	✓
28	(Do et al., 2023)	2023	✓	-	✓	-	✓
29	(Adi & Widodo Kushartomo, 2023)	2023	✓	-	✓	✓	✓
30	(Nugraha & Rifai, 2023)	2023	✓	-	✓	✓	✓
31	(Lee et al., 2023)	2023	✓	-	✓	✓	✓
32	(Riaz et al., 2023)	2023	✓	-	✓	✓	✓
33	(Jamila & Beatriz, 2023)	2023	✓	-	✓	✓	✓
34	(Shi et al., 2023)	2023	✓	-	✓	✓	✓
35	(Nisa et al., 2023)	2023	✓	-	✓	✓	✓
36	(Boakye et al., 2024)	2023	✓	✓	✓	✓	✓
37	(Rasouli et al., 2024)	2023	✓	✓	✓	✓	✓
38	(Nirvana et al., 2023)	2023	✓	-	-	✓	-
39	(Al-Bayati et al., 2023)	2023	✓	-	✓	-	✓
40	(Yosef & Shifera, 2023)	2023	✓	✓	✓	✓	✓
41	(Lo et al., 2023).	2023	✓	✓	✓	-	✓
42	(Rasouli et al., 2024).;	2023	✓	✓	-	✓	✓
43	(Legierski et al., 2022)	2023	✓	-	-	✓	-
44	(Iskandar & Nursia N, 2022)	2022	✓	-	✓	-	✓
45	(Yulianto et al., 2022)	2022	✓	-	✓	-	✓
46	(Boakye et al., 2022)	2022	✓	✓	✓	✓	✓
47	(Boakye et al., 2022)	2022	✓	✓	✓	✓	✓
48	(Nafista et al., 2022)	2022	✓	✓	✓	✓	-
49	Ja(Cheng et al., 2022)	2022	✓	-	-	✓	-
50	(Torres et al., 2021).	2021	✓	✓	✓	✓	✓
51	(Salomé et al., 2021)	2021	✓	✓	-	-	✓
52	(Faradisa & Martiana, 2021)	2021	✓	-	✓	✓	✓
53	(Phade et al., 2021)	2021	-	-	✓	-	✓
54	(Abbasianjahromi & Sohrab Ghazvini, 2022)	2021	✓	✓	✓	✓	✓
55	(Abbasianjahromi & Sohrab Ghazvini, 2022)	2021	✓	✓	✓	✓	✓
56	(Chen & Demachi, 2021)	2021	-	-	-	-	-
57	(Gurung et al., 2021)	2021	✓	✓	✓	-	-
58	(Dasandara & Dissanayake, 2021)	2021	✓	-	✓	✓	-

59	(Yankson et al., 2021)	2021	✓	-	-	✓	✓
60	(Ammad et al., 2021)	2021	✓	-	✓	✓	✓
61	(Viong & Tang, 2021)	2021	✓	-	✓	-	✓
62	(Darda'u Rafindadi et al., 2022).	2021	✓	✓	✓	✓	✓
63	(Man et al., 2021)	2021	✓	-	-	-	-
64	(Chen & Demachi, 2021)	2021	✓	-	✓	-	-
65	(Jafferson & Pattanashetti, 2021)	2021	✓	✓	✓	✓	✓
66	(Vigneshkumar & Salve, 2022)	2021	✓	-	✓	-	✓
67	(Rivera et al., 2020)	2020	-	-	✓	✓	-
68	(Gan et al., 2020)	2020	-	-	✓	✓	✓
69	(Wuala & Rarasati, 2020)	2020	-	-	✓	✓	-
70	(Wong et al., 2020)	2020	✓	✓	✓	✓	✓
71	(Nath et al., 2020)	2020	✓	-	✓	✓	✓
72	(Delhi et al., 2020)	2020	✓	-	✓	✓	✓
73	(Truong et al., 2020)	2020	✓	-	✓	✓	✓
74	(Chandra, 2021)	2020	✓	✓	✓	✓	✓
75	(Sehsah et al., 2020)	2020	✓	✓	✓	-	✓
76	(Sehsah et al., 2020)	2020	✓	✓	✓	✓	✓
77	(S. Ahmad et al., 2020)	2020	✓	✓	✓	✓	✓
78	(Gan et al., 2020)	2020	✓	✓	✓	✓	✓
79	(Kořla et al., 2020)	2020	-	-	-	-	✓
80	(S. Ahmad et al., 2020)	2020	✓	✓	✓	✓	✓
81	(Al-Deen Bsisu, 2020)	2020	✓	✓	✓	✓	-
82	(Guan et al., 2019b)	2019	✓	✓	✓	-	✓
83	(La Tho et al., 2020)	2019	✓	-	✓	✓	✓
84	(de Oliveira et al., 2019)	2019	✓	-	✓	✓	✓
85	(Guan et al., 2019b).	2019	✓	✓	✓	-	✓
86	(Tumiwa et al., 2019)	2019	✓	-	✓	✓	✓
87	(Warnaningrum & Lestari, 2019)	2019	✓	✓	✓	-	✓
88	(Gomeseria, 2019)	2019	✓	✓	✓	✓	✓
89	(Guan et al., 2019b)	2019	✓	✓	✓	-	✓
90	(Adjiski et al., 2019)	2019	✓	-	-	✓	-
91	(Alemu et al., 2020)	2019	✓	✓	-	✓	✓
92	(Burduhos Nergiş et al., 2018)	2018	✓	-	✓	-	✓
93	(Burduhos Nergiş et al., 2018)	2018	-	-	-	-	✓

94	(Indah, 2017)	2017	✓	✓	✓	✓	✓
95	(Lzudi et al., 2017)	2017	✓	✓	✓	✓	✓
96	(Onyebeke et al., 2016)	2016	✓	-	-	-	✓
97	(Amiri et al., 2015)	2015	✓	-	✓	✓	✓
98	(Arten & Nagalli, 2013)	2013	-	-	✓	-	✓
99	(Tanko & Anigbogu, 2012)	2012	✓	✓	✓	✓	✓
100	(Wong et al., 2020)(Zul & La,2012)	2012	✓	-	✓	-	✓

Sumber: Penulis 2025

Tabel 2 adalah rangkuman dari hasil literature review yang dilakukan, tabel ini menggambarkan variasi dalam pendekatan dari variable dengan frekuensi kemunculannya pada literatur yang direview .di kelompokkan berdasar dari beberapa variabel yakni (X1) Kepatuhan Penggunaan PPE, (X2) Pelatihan Keselamatan (X3) Tingkat Kecelakaan Kerja (X4) Pengawasan dan Kebijakan, (X5) Ketersediaan PPE.

Lima variabel teratas dari setiap artikel yang ditinjau diambil untuk analisis lebih lanjut dalam penelitian ini. Lima Variabel diatas di kelompokkan berdasarkan Frekuensi terjadinya:

$$f_{\text{frekuensi}}(\%) = \frac{\text{frekuensi kemunculan variabel}}{\text{jumlah literature}}$$

Lima Variabel teratas dari setiap studi yang ditinjau dirangkum dalam Tabel 2 dan frekuensi (%) dari masing-masing yang dihitung seperti di tunjukkan pada kolom frekuensi

Tabel 3. Hasil Perhitungan presentase penggunaan tiap variable pada literatur di Indonesia.

Variabel	Jumlah dalam 100	
	jurnal	Persentase
X1 Kepatuhan Penggunaan PPE	56	56%
X2 Pelatihan Keselamatan	21	21%
X3 Tingkat Kecelakaan Kerja	55	55%
X4 Pengawasan Dan Kebijakan	42	42%
X5 Ketersediaan PPE	55	55%

Distribusi jurnal yang diterbitkan dan dievaluasi berdasarkan jurnal yang telah dikaji sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2 yang berisi jumlah jurnal yang diterbitkan pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2025. Pada tabel jurnal yang telah dikaji sebelumnya terdapat beberapa variabel yang jumlahnya hampir sama (sekitar 100) sehingga hasil analisisnya adalah seperti pada Tabel 2. Variabel tersebut kemudian diubah ke dalam bentuk

persentase untuk memudahkan analisis, memberikan perbandingan yang lebih jelas, dan memberikan contoh kuantitatif faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam mengurangi kecelakaan pada proyek konstruksi.

Pelatihan Keselamatan

Ketersediaan PPE Kepatuhan Penggunaan PPE Tingkat Kecelakaan Kerja Pengawasan Dan Kebijakan

Gambar 6. Word Cloud Literature Review
Sumber: Penulis 2025

Word Cloud ini menggambarkan berbagai faktor yang mempengaruhi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) guna mengurangi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Faktor-faktor tersebut meliputi aspek kepatuhan pekerja, pengawasan, pelatihan, ketersediaan APD, dan Kecelakaan Kerja.

IV. PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, faktor yang mempengaruhi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam mencegah kecelakaan pada proyek konstruksi telah dianalisis dengan menggunakan pendekatan lima variabel utama yang ditemukan pada *Literature Review*. Berikut merupakan penjelasan dari Lima Variabel Utama yang mempengaruhi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam mencegah kecelakaan pada proyek konstruksi,

1. Kepatuhan Penggunaan PPE (X1)

Kepatuhan terhadap penggunaan Alat Pelindung Diri (PPE) di sektor konstruksi merupakan aspek penting dalam mencegah kecelakaan kerja. Dalam penelitian yang kami review, kepatuhan terhadap penggunaan PPE (X1) memiliki frekuensi tertinggi, yakni 56, yang mengindikasikan bahwa topik ini sering dibahas dalam literatur yang kami tinjau. Kepatuhan yang tinggi terhadap penggunaan PPE memastikan bahwa pekerja terlindungi dari berbagai potensi bahaya yang ada di lapangan konstruksi, seperti kecelakaan akibat benda jatuh atau kecelakaan mekanik lainnya (Ahmed et al., 2023; Ammad et al., 2021; Yankson et al., 2021). Penelitian oleh Yipeng & Junwu (2024) juga mengungkapkan bahwa PPE dapat mencegah cedera parah pada pekerja, namun tingkat kepatuhan seringkali rendah karena kurangnya kesadaran atau pengawasan (Yosef & Shifera, 2023; Jin & Goodrum, 2024).

PPE seperti helm, pelindung mata, sarung tangan, sepatu keselamatan, pelindung pendengaran, dan pelindung pernapasan dirancang untuk melindungi tubuh pekerja dari

cedera akibat benda jatuh, paparan bahan kimia berbahaya, atau kecelakaan mekanik lainnya (Boakye et al., 2024; Al-Azani et al., 2024). PPE ini berfungsi untuk mengurangi dampak dari kecelakaan yang dapat terjadi di berbagai lingkungan kerja yang berisiko tinggi, seperti konstruksi dan industri berbahaya (Ammad et al., 2021; Ferdous & Ahsan, 2022). Penelitian oleh Kurmi et al. (2025) menegaskan bahwa hanya dengan pemakaian PPE yang tepat, risiko kecelakaan kerja dapat dikurangi secara signifikan, dengan penurunan angka kecelakaan yang signifikan tercatat pada sektor yang menerapkan penggunaan PPE dengan konsisten (Xiong & Tang, 2021; Al-Deen Bsisu, 2020).

Namun, meskipun PPE sangat penting dalam meningkatkan keselamatan kerja, tidak semua pekerja selalu mematuhi penggunaannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepatuhan tersebut antara lain pengetahuan tentang pentingnya PPE, pelatihan yang diterima, serta ketersediaan dan kenyamanan PPE itu sendiri (Yankson et al., 2021; Yipeng & Junwu, 2024; Al-Azani et al., 2024). Dalam studi oleh Jin & Goodrum (2024), ditemukan bahwa pelatihan yang baik dan kesadaran pekerja tentang bahaya yang bisa ditimbulkan dari kecelakaan kerja meningkatkan tingkat kepatuhan terhadap PPE (Boakye et al., 2024; Lo et al., 2023). Kepatuhan pekerja terhadap penggunaan PPE dapat ditingkatkan melalui program pelatihan keselamatan yang berkelanjutan dan pemberian insentif bagi pekerja yang mematuhi peraturan keselamatan (Ammad et al., 2021; Košla et al., 2020; Elesawy et al., 2024).

Pengawasan yang efektif juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan kepatuhan terhadap penggunaan PPE. Penelitian oleh Salim et al. (2022) menunjukkan bahwa pengawasan yang dilakukan secara konsisten dapat meningkatkan kepatuhan terhadap penggunaan PPE, dengan hasil yang lebih optimal pada proyek-proyek besar yang menerapkan sistem pengawasan yang ketat (Alemu et al., 2020; Cheng et al., 2022). Selain itu, ketersediaan PPE yang cukup dan sesuai dengan standar juga berperan penting dalam meningkatkan tingkat kepatuhan (Yosef & Shifera, 2023; Adjiski et al., 2019). Penelitian oleh Vukicevic et al. (2024) menyatakan bahwa perusahaan yang menyediakan PPE sesuai dengan standar yang ditetapkan dan memastikan ketersediaan tersebut secara konsisten akan mengalami tingkat kepatuhan yang lebih tinggi (Zhu et al., 2024; Atasoy et al., 2024).

Di samping itu, faktor budaya keselamatan kerja di dalam perusahaan sangat memengaruhi kepatuhan pekerja terhadap penggunaan PPE. Perusahaan yang mengedepankan budaya

keselamatan kerja yang kuat cenderung lebih berhasil dalam meningkatkan kesadaran dan kepatuhan pekerja terhadap penggunaan PPE (Vukicevic et al., 2024; Chen & Demachi, 2021). Jin & Goodrum (2024) juga menyatakan bahwa pengelolaan budaya keselamatan yang baik dan pelaksanaan kebijakan yang jelas terkait penggunaan PPE dapat mengurangi kecelakaan kerja secara signifikan (Izudi et al., 2017; Rafindadi et al., 2022). Keberhasilan budaya keselamatan sangat dipengaruhi oleh keterlibatan manajer dalam mengedukasi pekerja dan memastikan bahwa peraturan keselamatan diterapkan dengan tegas (Jafferson & Pattanashetti, 2021; Sanjeevani et al., 2024).

Dengan demikian, kepatuhan terhadap penggunaan PPE adalah kunci utama dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman, terutama di sektor konstruksi. Meningkatkan kepatuhan terhadap penggunaan PPE dapat dilakukan melalui peningkatan pelatihan, pengawasan, ketersediaan PPE yang memadai, dan pembentukan budaya keselamatan yang baik di dalam perusahaan (Al-Azani et al., 2024; Yosef & Shifera, 2023). Semua faktor ini berkontribusi pada pengurangan angka kecelakaan kerja dan meningkatkan produktivitas pekerja di lapangan (Vukicevic et al., 2024; Guan et al., 2019).

2. Pelatihan Keselamatan Kerja (X2)

Pelatihan keselamatan kerja merupakan salah satu aspek penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman, khususnya dalam industri konstruksi. Pelatihan yang efektif dapat meningkatkan pemahaman pekerja mengenai pentingnya penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) serta cara penggunaannya yang benar (Chan et al., 2023). Berdasarkan hasil review yang kami lakukan, Pelatihan Keselamatan Kerja (X2) memiliki frekuensi 21, yang menunjukkan bahwa meskipun pelatihan keselamatan kerja memiliki peran yang sangat krusial dalam meningkatkan kesadaran pekerja, namun variabel ini tidak sebanyak dibahas dalam penelitian yang ada. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun banyak penelitian yang merekomendasikan pelatihan sebagai langkah penting untuk meningkatkan keselamatan kerja, implementasi pelatihan ini di lapangan masih belum mendapat perhatian yang cukup.

Pelatihan keselamatan kerja bertujuan untuk memastikan bahwa pekerja memahami potensi bahaya yang ada di lingkungan kerja serta cara menggunakan PPE dengan benar untuk melindungi diri mereka dari risiko kecelakaan (Vigneshkumar & Salve, 2022). Program pelatihan yang rutin dan efektif dapat meningkatkan kesadaran pekerja tentang pentingnya menjaga keselamatan diri serta

meningkatkan keterampilan mereka dalam menggunakan alat pelindung secara tepat. Hasil penelitian oleh Boakye et al. (2020) menunjukkan bahwa pekerja yang mengikuti pelatihan keselamatan secara teratur cenderung memiliki kepatuhan yang lebih tinggi terhadap penggunaan PPE, yang pada gilirannya mengurangi tingkat kecelakaan di tempat kerja. Namun, meskipun pelatihan keselamatan dianggap penting, beberapa penelitian menunjukkan bahwa tidak semua perusahaan menerapkan pelatihan ini secara optimal. Alasan utama mengapa pelatihan keselamatan belum sepenuhnya efektif antara lain kurangnya fasilitas pelatihan yang memadai, jadwal pelatihan yang tidak teratur, serta kurangnya komitmen dari pihak manajemen dalam memastikan bahwa seluruh pekerja menerima pelatihan yang cukup (Yankson et al., 2021; Yosef & Shifera, 2023). Bahkan, penelitian oleh Jin & Goodrum (2024) menemukan bahwa hanya sebagian kecil pekerja yang merasa pelatihan keselamatan yang mereka terima sudah cukup untuk mempersiapkan mereka menghadapi bahaya di tempat kerja.

Selain itu, kualitas pelatihan keselamatan juga menjadi faktor yang memengaruhi efektivitasnya. Pelatihan yang diberikan perlu relevan dengan kondisi lapangan dan disesuaikan dengan tingkat pemahaman pekerja. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan teknologi, seperti simulasi berbasis komputer atau pelatihan menggunakan Augmented Reality (AR), untuk memberikan pengalaman yang lebih realistis dan mudah dipahami oleh pekerja (Salim et al., 2022). Teknologi ini dapat membantu pekerja lebih memahami skenario bahaya di tempat kerja dan bagaimana cara menghadapinya secara efektif tanpa harus menghadapi risiko secara langsung.

Selain faktor implementasi yang terbatas, ketidakpatuhan pekerja terhadap pelatihan keselamatan juga bisa disebabkan oleh faktor budaya kerja di perusahaan tersebut. Di beberapa perusahaan, budaya keselamatan yang kurang kuat dapat memengaruhi sejauh mana pekerja mematuhi aturan keselamatan yang telah diajarkan selama pelatihan. Penelitian oleh Atasoy et al. (2024) mengungkapkan bahwa pekerja yang berada di lingkungan kerja dengan budaya keselamatan yang baik lebih cenderung mengikuti prosedur keselamatan dan menggunakan PPE secara konsisten.

Di sisi lain, pendekatan berbasis motivasi, seperti pemberian insentif bagi pekerja yang mengikuti pelatihan dan menerapkan keselamatan dengan baik, juga terbukti efektif dalam meningkatkan partisipasi pekerja dalam

pelatihan keselamatan kerja (Boakye et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan efektivitas pelatihan keselamatan kerja, perlu adanya pendekatan yang melibatkan berbagai aspek, mulai dari penyediaan fasilitas yang memadai hingga penerapan kebijakan yang mendukung budaya keselamatan kerja.

Dengan demikian, meskipun pelatihan keselamatan kerja memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan keselamatan pekerja, tantangan terbesar terletak pada implementasi yang belum optimal di lapangan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengeksplorasi cara-cara yang lebih efektif dalam menerapkan pelatihan keselamatan kerja, baik dari segi teknik pelatihan, frekuensinya, serta dukungan budaya keselamatan yang harus diperkuat dalam organisasi (Tewodros & Shifera, 2024).

3. Tingkat Kecelakaan Kerja (X3)

Tingkat kecelakaan kerja di sektor konstruksi selalu menjadi indikator utama untuk mengukur efektivitas penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Dalam kajian yang kami lakukan, ditemukan bahwa tingkat kecelakaan kerja (X3) memiliki frekuensi yang tinggi, yakni 55, yang mengindikasikan bahwa variabel ini sering digunakan sebagai tolok ukur untuk menilai keberhasilan implementasi keselamatan di lapangan. Penggunaan APD yang tepat dan konsisten terbukti dapat menurunkan tingkat kecelakaan pada proyek konstruksi, yang mempertegas pentingnya perlindungan yang memadai bagi pekerja (Chan et al., 2023; Al-Azani et al., 2024; Boakye et al., 2020; Yankson et al., 2021; Yosef & Shifera, 2023).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Boakye et al. (2020), penerapan APD secara efektif dapat mengurangi cedera fisik yang disebabkan oleh kecelakaan kerja, terutama di industri konstruksi yang dikenal memiliki risiko tinggi. Helm, pelindung mata, sarung tangan, sepatu keselamatan, dan pelindung tubuh lainnya dirancang untuk melindungi pekerja dari bahaya yang dapat menyebabkan cedera parah atau bahkan kematian, seperti benda jatuh, kecelakaan mekanik, atau paparan bahan berbahaya (Yankson et al., 2021; Vigneshkumar & Salve, 2022; Atasoy et al., 2024). Dengan penggunaan APD yang tepat, kecelakaan kerja yang berpotensi fatal dapat diminimalisir secara signifikan (Ferdous et al., 2022; Jin & Goodrum, 2024; Sanjeevani et al., 2024).

Namun, meskipun APD memiliki peran penting dalam mengurangi kecelakaan kerja, penerapan yang tidak konsisten masih menjadi masalah utama. Beberapa pekerja tidak mematuhi penggunaan APD karena faktor-faktor seperti kurangnya kesadaran, pelatihan yang tidak memadai, atau bahkan ketidaknyamanan saat

mengenakan APD (Vigneshkumar & Salve, 2022; Atasoy et al., 2024; Yankson et al., 2021). Penelitian oleh Yosef & Shifera (2023) juga menunjukkan bahwa faktor budaya keselamatan yang kuat di tempat kerja dapat meningkatkan kepatuhan pekerja terhadap penggunaan APD, yang pada gilirannya mengurangi jumlah kecelakaan yang terjadi (Jafferson & Pattanashetti, 2021; Guan et al., 2019; Alemu et al., 2020).

Selain itu, inovasi teknologi seperti deteksi otomatis penggunaan APD berbasis visi komputer telah membantu meningkatkan pemantauan dan kepatuhan terhadap penggunaan APD di situs konstruksi. Sebuah studi oleh Lo et al. (2023) mengungkapkan bahwa penerapan teknologi berbasis deep learning untuk memantau kepatuhan penggunaan APD secara real-time telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi pekerja yang tidak mematuhi standar keselamatan, bahkan dalam kondisi kerja yang dinamis dan penuh tantangan (Ferdous et al., 2022; Elesawy et al., 2024; Chen & Demachi, 2021). Teknologi ini dapat mendeteksi pelanggaran dengan akurasi tinggi, sehingga memudahkan pengawasan dan mencegah kecelakaan (Jin & Goodrum, 2024; Al-Deen Bsisu, 2020; Xiong & Tang, 2021).

Meskipun demikian, tantangan utama tetap ada, yaitu rendahnya tingkat penggunaan APD yang dilaporkan di banyak negara berkembang. Di Ghana, misalnya, penelitian oleh Yankson et al. (2021) menemukan bahwa hanya sebagian kecil pekerja yang menggunakan APD secara konsisten, terutama di perusahaan yang dikelola secara lokal (Adjiski et al., 2019; Zhu et al., 2024; Atasoy et al., 2024). Hal ini menunjukkan perlunya perhatian lebih dalam meningkatkan fasilitas, pengawasan, dan pelatihan yang berkelanjutan agar tingkat kepatuhan terhadap penggunaan APD dapat ditingkatkan (Sanjeevani et al., 2024; Rafindadi et al., 2022; Al-Azani et al., 2024).

Untuk itu, diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif untuk memastikan penggunaan APD yang optimal. Ini mencakup penyediaan APD yang sesuai, pelatihan yang memadai, serta pengawasan yang ketat dari pihak manajemen. Penelitian oleh Jin & Goodrum (2024) mengemukakan bahwa untuk mencapai tingkat kecelakaan yang lebih rendah, kebijakan yang lebih tegas terkait penggunaan APD perlu diterapkan dengan disertai insentif dan sanksi yang jelas bagi pekerja yang melanggar aturan keselamatan (Izudi et al., 2017; Boakye et al., 2024; Yosef & Shifera, 2023).

Penting juga untuk terus melakukan evaluasi terhadap kebijakan keselamatan yang ada, dengan mengintegrasikan teknologi terbaru dan

pendekatan berbasis data untuk memantau kepatuhan terhadap penggunaan APD. Seperti yang disarankan oleh Al-Azani et al. (2024), penerapan sistem pemantauan real-time dapat membantu mengurangi kecelakaan kerja dan memastikan pekerja terlindungi dengan lebih efektif (Vukicevic et al., 2024; Cheng et al., 2022; Jafferson & Pattanashetti, 2021). Dengan demikian, mengurangi tingkat kecelakaan kerja adalah tantangan yang membutuhkan kerjasama antara teknologi, kebijakan, dan perubahan budaya keselamatan di tempat kerja (Ammad et al., 2021; Salim et al., 2022; Yosef & Shifera, 2023).

4. Pengawasan dan Kebijakan (X4)

Pengawasan yang ketat dan kebijakan yang jelas memiliki pengaruh besar dalam memastikan bahwa pekerja mematuhi aturan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) di sektor konstruksi. Dalam penelitian yang kami review, variabel Pengawasan dan Kebijakan (X4) muncul dengan frekuensi 42, menunjukkan bahwa pentingnya peran kebijakan yang konsisten dan pengawasan yang efektif di lapangan. Tanpa adanya pengawasan yang baik, meskipun APD tersedia, pekerja mungkin tidak menggunakannya dengan konsisten, yang dapat meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan kerja (Yosef & Shifera, 2023; Chan et al., 2023).

Salah satu faktor utama yang memengaruhi penggunaan APD adalah adanya pengawasan langsung di lapangan. Penelitian oleh Vigneshkumar & Salve (2022) mengungkapkan bahwa pengawasan yang konsisten dari pihak manajemen di proyek konstruksi dapat meningkatkan kepatuhan pekerja dalam menggunakan APD. Selain itu, pengawasan yang ketat dapat menciptakan kesadaran yang lebih besar tentang pentingnya keselamatan kerja, serta membentuk budaya keselamatan yang positif di kalangan pekerja (Yankson et al., 2021). Pengawasan ini tidak hanya mencakup pemeriksaan penggunaan APD, tetapi juga meliputi pembinaan dan edukasi berkelanjutan terkait risiko dan bahaya yang ada di lokasi kerja (Atasoy et al., 2024).

Selain pengawasan, kebijakan yang jelas juga memegang peranan penting dalam mendorong pekerja untuk menggunakan APD secara rutin. Kebijakan perusahaan yang tegas, yang mencakup sanksi bagi yang melanggar dan insentif bagi yang mematuhi, dapat meningkatkan tingkat kepatuhan terhadap penggunaan APD. Hal ini disarankan dalam penelitian oleh Al-Azani et al. (2024) yang menunjukkan bahwa kebijakan yang jelas terkait penggunaan APD di perusahaan konstruksi dapat mengurangi kecelakaan kerja secara signifikan. Penelitian yang dilakukan oleh Boakye et al.

(2020) juga menambahkan bahwa pengawasan yang ketat bersama dengan kebijakan yang mendukung penggunaan APD sangat efektif dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman.

Selain itu, penting untuk memastikan bahwa pekerja memahami pentingnya kebijakan keselamatan yang ada. Pendidikan dan pelatihan yang rutin mengenai penggunaan APD dan kebijakan keselamatan di lapangan dapat meningkatkan pemahaman pekerja mengenai tanggung jawab mereka dalam menjaga keselamatan diri sendiri dan rekan kerja. Menurut Lo et al. (2023), pelatihan yang efektif dapat meningkatkan pengetahuan pekerja tentang cara menggunakan APD dengan benar, yang pada akhirnya dapat mengurangi tingkat kecelakaan kerja di proyek konstruksi. Penelitian yang dilakukan oleh Jin & Goodrum (2024) juga menyarankan bahwa pengenalan kebijakan keselamatan yang lebih mudah dipahami dan diterapkan oleh pekerja dapat memotivasi mereka untuk lebih disiplin dalam menggunakan APD.

Tantangan yang sering ditemui dalam penerapan kebijakan dan pengawasan adalah resistensi dari pekerja, yang mungkin merasa bahwa penggunaan APD mengganggu kenyamanan atau memperlambat pekerjaan mereka. Dalam konteks ini, penting bagi manajemen untuk memberikan solusi yang mengurangi ketidaknyamanan dan meningkatkan motivasi pekerja untuk mematuhi kebijakan keselamatan. Seperti yang disebutkan oleh Fukui et al. (2024), manajer proyek harus berfokus pada menciptakan kebijakan yang mengutamakan kenyamanan pekerja sambil tetap menjaga standar keselamatan yang tinggi. Selain itu, penelitian oleh Barlybayev et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi pemantauan berbasis kamera dan sensor dapat membantu mempercepat pengawasan dan memastikan kepatuhan pekerja terhadap penggunaan APD secara real-time.

Terakhir, perlu diingat bahwa kebijakan dan pengawasan yang efektif memerlukan dukungan penuh dari semua pihak, termasuk manajemen perusahaan, pekerja, dan pihak terkait lainnya. Kolaborasi yang baik antara semua pihak akan memastikan bahwa kebijakan keselamatan diterima dengan baik dan diterapkan secara konsisten di lapangan. Dengan demikian, pengawasan yang ketat dan kebijakan yang jelas dapat membantu mengurangi kecelakaan kerja secara signifikan dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman (Chen et al., 2024; Al-Deen Bsisu et al., 2023).

5. Ketersediaan APD (X5)

Ketersediaan Alat Pelindung Diri (APD) yang lengkap dan sesuai menjadi salah satu aspek penting dalam menjaga keselamatan pekerja di sektor konstruksi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, faktor ketersediaan APD (X5) tercatat memiliki frekuensi sebesar 55, yang menunjukkan bahwa aspek ini memiliki pengaruh signifikan terhadap penerapan standar keselamatan di tempat kerja. Jika APD yang diperlukan tidak tersedia, pekerja akan kesulitan untuk mematuhi prosedur keselamatan yang berlaku, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan dan cedera fisik (Sehsah et al., 2020; Yipeng & Junwu, 2024; Boakye et al., 2020; Fukui et al., 2024). Oleh sebab itu, perusahaan perlu memastikan bahwa setiap pekerja memiliki APD yang sesuai dengan tugas yang mereka lakukan (Yosef & Shifera, 2023; Adjiski et al., 2019).

Ketersediaan APD tidak hanya mencakup jenis dan kualitas perlindungan yang digunakan, tetapi juga memastikan jumlah yang cukup bagi seluruh tenaga kerja yang terlibat dalam proyek. Studi yang dilakukan oleh Boakye et al. (2020) mengungkapkan bahwa banyak proyek konstruksi mengalami kendala dalam penyediaan APD yang cukup, sehingga menyebabkan ketidakpatuhan dalam penggunaannya. Ketika APD tidak tersedia dalam jumlah yang memadai, pekerja mungkin terpaksa melanjutkan pekerjaan tanpa perlindungan yang optimal, yang berpotensi meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan (Fukui et al., 2024; Al-Azani et al., 2024). Oleh karena itu, pengelolaan distribusi APD yang tepat di lokasi kerja menjadi hal yang sangat penting (Jin & Goodrum, 2024; Ammad et al., 2021).

Selain ketersediaan, kualitas APD yang diberikan juga memiliki peranan krusial dalam melindungi pekerja. Jika APD yang digunakan tidak memenuhi standar keselamatan atau mengalami kerusakan, efektivitasnya dalam memberikan perlindungan akan berkurang (Al-Azani et al., 2024; Chan et al., 2023; Sanjeewani et al., 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Al-Azani et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan APD yang tidak sesuai dengan standar keselamatan dapat meningkatkan tingkat cedera di lingkungan kerja (Vukicevic et al., 2024; Lo et al., 2023). Oleh karena itu, perusahaan harus memastikan bahwa seluruh APD yang digunakan telah melalui uji kelayakan dan memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan oleh lembaga berwenang (Cheng et al., 2022; Rafindadi et al., 2022).

Ketersediaan APD juga sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal, seperti anggaran perusahaan dan kebijakan pemerintah yang mendukung keselamatan kerja. Banyak perusahaan kecil dan menengah di negara

berkembang yang kesulitan menyediakan APD yang memadai akibat terbatasnya anggaran atau kurangnya pengetahuan tentang pentingnya keselamatan kerja (Yankson et al., 2021; Izudi et al., 2017). Oleh karena itu, penting bagi pemerintah untuk menetapkan kebijakan yang mewajibkan penyediaan APD yang sesuai di setiap proyek konstruksi dan memberikan insentif bagi perusahaan yang menerapkan standar keselamatan yang tinggi (Boakye et al., 2024; Jafferson & Pattanashetti, 2021). Pemerintah juga dapat berperan dalam meningkatkan kesadaran keselamatan kerja melalui kampanye edukasi yang lebih intensif (Chan et al., 2023; Al-Deen Bsisu et al., 2023; Sehsah et al., 2020).

Dengan demikian, ketersediaan APD merupakan salah satu faktor kunci dalam keselamatan kerja di sektor konstruksi. Tanpa ketersediaan yang memadai, pekerja cenderung mengabaikan penggunaan APD, yang meningkatkan risiko kecelakaan dan cedera kerja. Oleh karena itu, upaya peningkatan ketersediaan APD harus menjadi prioritas bagi perusahaan dan pemangku kepentingan lainnya guna memastikan lingkungan kerja yang lebih aman dan sesuai dengan standar keselamatan (Adjiski et al., 2019; Zhu et al., 2024; Atasoy et al., 2024).

V. KESIMPULAN

Penelitian ini mengidentifikasi berbagai faktor yang mempengaruhi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam mencegah kecelakaan kerja pada proyek Konstruksi. berdasarkan 100 jurnal yang telah direview dari tahun 2013 hingga 2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa:

1. Kepatuhan Penggunaan APD menyumbang 56% dalam faktor mempengaruhi penggunaan APD
2. Pelatihan Keselamatan Kerja menyumbang 21% dalam faktor mempengaruhi penggunaan APD
3. Tingkat Kecelakaan Kerja menyumbang 55% dalam faktor mempengaruhi penggunaan APD
4. Pengawasan dan Kebijakan menyumbang 42% dalam faktor mempengaruhi penggunaan APD, dan
5. Ketersediaan APD menyumbang sebesar 55%.

Berdasarkan analisis terhadap lima variabel yang mempengaruhi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) di proyek konstruksi, dapat disimpulkan bahwa Kepatuhan Penggunaan APD dan Ketersediaan APD memiliki pengaruh terbesar dalam mencegah kecelakaan kerja, diikuti oleh Tingkat Kecelakaan Kerja. Sementara itu, Pelatihan Keselamatan Kerja dan Pengawasan dan Kebijakan juga memiliki peran penting, meskipun dengan frekuensi yang lebih rendah. Oleh karena itu, untuk

menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, perlu ada fokus pada peningkatan kepatuhan terhadap penggunaan APD, memastikan ketersediaan APD yang sesuai, serta memperkuat kebijakan dan pelatihan keselamatan di lapangan.

IV. SARAN DAN REKOMENDASI

Untuk meningkatkan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam mencegah kecelakaan di proyek konstruksi, perlu diterapkan langkah-langkah seperti meningkatkan kepatuhan pekerja dengan insentif dan pengawasan berbasis teknologi, serta memberikan pelatihan keselamatan kerja secara berkelanjutan dan praktis. Selain itu, kebijakan yang jelas dengan sanksi dan penghargaan dapat memastikan kepatuhan, sementara ketersediaan APD yang memadai dan pemeriksaan rutin sangat penting untuk menjaga keselamatan. Evaluasi terhadap tingkat kecelakaan kerja juga perlu dilakukan untuk memperbaiki sistem keselamatan dan mengurangi risiko kecelakaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abbasianjahromi, H., & Sohrab Ghazvini, E. 2022. *Developing a Wearable Device Based on IoT to Monitor the Use of Personal Protective Equipment in Construction Projects*. Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering, 46(3), 2561–2573. <https://doi.org/10.1007/s40996-021-00716-6>
- [2]. Adi, Y. K., & Widodo Kushartomo. 2023. *Analisis Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek x Di Jakarta Pusat*. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 6(3), 589–594. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i3.23050>
- [3]. Adjiski, V., Despodov, Z., Mirakovski, D., & Serafimovski, D. 2019. *System architecture to bring smart personal protective equipment wearables and sensors to transform safety at work in the underground mining industry*. Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik, 34(1), 37–44. <https://doi.org/10.17794/rgn.2019.1.4>
- [4]. Ahmad, H. M., & Rahimi, A. 2024. *SH17: A Dataset for Human Safety and Personal Protective Equipment Detection in Manufacturing Industry*. 1–19. <http://arxiv.org/abs/2407.04590>
- [5]. Ahmad, S., Alaloul, W., Qureshi, A., Sheikh, N., Ali, M., & Altaf, M. 2020. *Personal Protective Equipment In Construction, Accidents Involved In Construction Infrastructure Projects*. Solid State Technology, 63(6), 4147–4159. <https://solidstatetechnology.us/index.php/JSS T/article/view/3766>
- [6]. Ahmed, M. I. B., Saraireh, L., Rahman, A., Al-Qarawi, S., Mhran, A., Al-Jalaoud, J., Al-Mudaifer, D., Al-Haidar, F., AlKhulaifi, D., Youldash, M., & Gollapalli, M. 2023. *Personal Protective Equipment Detection: A Deep-Learning-Based Sustainable Approach*. Sustainability (Switzerland), 15(18), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su151813990>
- [7]. Al-Azani, S., Luqman, H., Alfarraj, M., Sidig, A. A. I., Khan, A. H., & Al-Hammed, D., 2024. *Real-Time Monitoring of Personal Protective Equipment Compliance in Surveillance Cameras*. IEEE Access, 12(August), 121882–121895. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3451117>
- [8]. Al-Bayati, A. J., Eiris, R., Hernandez, G. O., & Al-Bayati, M. A., 2023. *Addressing Social Inequity in Construction Safety Research: Personal Protective Equipment Focus*. Journal of Construction Engineering and Management, 149(12). <https://doi.org/10.1061/jcemd4.coeng-13864>
- [9]. Al-Deen Bsisu, K., 2020. *The pattern of adherence to personal protective equipment (PPE) in Jordanian small and medium sized construction sites*. International Journal of Engineering Research and Technology, 13(2), 339–344.
- [10]. Alahmid, M., Bhimani, K., Saradva, K., Ghildiyal, S., Saeedi, S. A., Ali, S., Yan, H., & Filippov, E., 2024. *Evolving Safety Protocols: Deep Learning-Enabled Detection of Personal Protective Equipment*. In Lecture Notes in Electrical Engineering (Vol. 1262). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-7794-5_7
- [11]. Alayyannur, P. A., Al Hakim, M. M., & Sari, R. S. R. E. P., 2024. *Dermatitis among Workers and Its Relation with Personal Protective Equipment*. Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, 13(2), 261–267. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v13i2.2024.261-267>
- [12]. Alemu, A. A., Yitayew, M., Azazeh, A., & Kebede, S., 2020. *Utilization of personal protective equipment and associated factors among building construction workers in Addis Ababa, Ethiopia*, 2019. BMC Public Health, 20(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08889-x>
- [13]. Alfanti, G., & Sawitri, D. R., 2017. *Safety climate and construction workers' compliance on the use of personal protective equipment in construction project Jakarta*. Advanced Science Letters, 23(4), 3399–3401. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.9106>
- [14]. Amiri, M., Safi, M. R., Moshtaq, M. S., &

- Eshaqzai, H., 2015. *Investigation of Using Personnel Protective Equipment at Construcion Sites in Herat Province.pdf*. July, 8. https://www.researchgate.net/profile/Kashif_Abro2/publication/277816196_MHD_Maxwe_II_fluid_with_non_linear_velocity_over_the_boundary/links/5582ad8108ae6cf036c1ba00.pdf#page=84
- [15]. Ammad, S., Alaloul, W. S., Saad, S., & Qureshi, A. H., 2021. *Personal Protective Equipment (PPE) usage in Construction Projects: A Systematic Review and Smart PLS Approach*. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(4), 3495–3507. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.04.001>
- [16]. Arten, P. L. R., & Nagalli, A., 2013. *The disposal of personal protective equipment used in the heavy construction sector*. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 18 H(November), 1511–1519.
- [17]. Aryanto, L., Ekawati, & Kurniawan, B., 2016. *Hubungan Pelatihan, Status Kerja, Latar Belakang Pendidikan, dan Penggunaan Alat Pelindung Diri Dengan Terjadinya Kecelakaan Kerja pada Total E&P Indonesia*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(3), 457–467. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- [18]. Atasoy, M., Temel, B. A., & Basaga, H. B., 2024. *A Study on the Use of Personal Protective Equipment among Construction Workers in Türkiye*. *Buildings*, 14(8), 1–19. <https://doi.org/10.3390/buildings14082430>
- [19]. Barlybayev, A., Amangeldy, N., Kurmetbek, B., Krak, I., Razakhova, B., Tursynova, N., & Turebayeva, R., 2024,. *Personal protective equipment detection using YOLOv8 architecture on object detection benchmark datasets: a comparative study*. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2333209>
- [20]. Boakye, M. K., Adanu, S. K., Coffie, G. H., Adzivor, E. K., & Ayimah, J. C. (2022). *Building Construction Artisans' Level of Access to Personal Protective Equipment (PPE) and the Perceived Barriers and Motivating Factors of Adherence to Its Use*. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4870731>
- [21]. Boakye, M. K., Ayeke, E., Asantewaa-Tannor, P., Lawer, A. K., Nsachie, R., Adu-Gyamfi, C. A., & Abdul-Aziz, A. R. 2024. *Prediction of behavior towards personal protective equipment use in the Ghanaian construction sector: Application of the extended theory of planned behavior*. *International Journal of Occupational Safety and Health*, 14(4), 504–513. <https://doi.org/10.3126/ijosh.v14i4.64877>
- [22]. Burduhos Nergiş, D. P., Nejneru, C., Achiței, D. C., Cimpoieșu, N., & Bejinariu, C. 2018. *Structural Analysis of Carabiners Materials Used at Personal Protective Equipments*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 374(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/374/1/012040>
- [23]. Chan, A. P. C., Guan, J., Choi, T. N. Y., Yang, Y., Wu, G., & Lam, E. 2023. *Improving Safety Performance of Construction Workers through Learning from Incidents*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph20054570>
- [24]. Chandra, H. P. P. 2021. *Penerapan Penggunaan Apd Di Dunia Konstruksi Berdasarkan Regulasi Yang Berlaku*. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 10(2), 155–161.
- [25]. Chen, S., & Demachi, K. 2021. *Towards on-site hazards identification of improper use of personal protective equipment using deep learning-based geometric relationships and hierarchical scene graph*. *Automation in Construction*, 125(February), 103619. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103619>
- [26]. Cheng, J. C. P., Wong, P. K. Y., Luo, H., Wang, M., & Leung, P. H. 2022. *Vision-based monitoring of site safety compliance based on worker re-identification and personal protective equipment classification*. *Automation in Construction*, 139(October 2021), 104312. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104312>
- [27]. Darda'u Rafindadi, A., Napiah, M., Othman, I., Alarifi, H., Musa, U., & Muhammad, M. 2022. *Significant factors that influence the use and non-use of personal protective equipment (PPE) on construction sites—Supervisors' perspective*. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(3), 101619. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.014>
- [28]. Das, P., Niroula, B., & Singh, S. K., 2023. *Impact of Safety Management Practices on Safety Compliance Behavior with Mediation of Safety Motivation*. *Patan Pragya*, 12(02), 55–64. <https://doi.org/10.3126/pragya.v12i02.64200>
- [29]. Dasandara, S. P. M., & Dissanayake, P. 2021. *Limiting reasons for use of personal protective equipment among construction workers: Case studies in Sri Lanka*. *Safety Science*, 143(April 2020), 105440. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105440>
- [30]. de Oliveira, S. R. C., Alencar, D. B. de, Taumaturgo, A. C. da S., Silva, Í. R. S., Bezerra, I. F. O., & Nascimento, M. H. R. 2019. *Analysis of the Use of Personal Protective Equipment By Small Construction Workers in the Municipality of Presidente*

- Figueiredo*. Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications, 5(20), 133–137. <https://doi.org/10.5935/2447-0228.20190096>
- [31]. Delhi, V. S. K., Sankarlal, R., & Thomas, A. 2020. *Detection of Personal Protective Equipment (PPE) Compliance on Construction Site Using Computer Vision Based Deep Learning Techniques*. *Frontiers in Built Environment*, 6 (September). <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00136>
- [32]. Ding, Y., & Luo, x. (2024a). Personal Protective Equipment Detection in Extreme Construction Conditions. *Computing in Civil Engineering 2023: Resilience, Safety, and Sustainability - Selected Papers from the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2023*, 672–679. <https://doi.org/10.1061/9780784485248.081>
- [33]. Ding, Y., & Luo, x. 2024b. *Personal Protective Equipment Detection in Extreme Construction Conditions*. *Computing in Civil Engineering 2023: Resilience, Safety, and Sustainability - Selected Papers from the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2023*, January 2024, 672–679. <https://doi.org/10.1061/9780784485248.081>
- [34]. Do, M. T., Dinh Kim, T., Ha, M. H., Tzyh-Chiang Chen, O., Nguyen, D. C., & Long Quang Tran, A. 2023. *An Effective Method for Detecting Personal Protective Equipment at Real Construction Sites Using the Improved YOLOv5s with SIoU Loss Function*. *Proceedings - 2023 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies, RIVF 2023, July 2024*, 430–434. <https://doi.org/10.1109/RIVF60135.2023.10471799>
- [35]. Elavarasan, S., Kamal, S., & Sivagamasundari, R. (2022). A Review on Factors Influencing the Use of Personal Protective Equipment in Construction Projects. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 179(3), 133–142. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5041-3_9
- [36]. Elesawy, A., Mohammed Abdelkader, E., & Osman, H. (2024). A Detailed Comparative Analysis of You Only Look Once-Based Architectures for the Detection of Personal Protective Equipment on Construction Sites. *Eng*, 5(1), 347–366. <https://doi.org/10.3390/eng5010019>
- [37]. Faradisa, A. W., & Martiana, T. 2021. *Correlation of Work Motivation, Reward, and Punishment with Compliance Behavior in Using Personal Protective Equipment*. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 10(2), 208–217. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v10i2.2021.208-217>
- [38]. Ferdous, M., & Ahsan, S. M. M. 2022. *PPE detector: A YOLO-based architecture to detect personal protective equipment (PPE) for construction sites*. *PeerJ Computer Science*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.999>
- [39]. Gan, C. C. R., Tseng, Y. C., & Lee, K. I. 2020. *Acrylic window as physical barrier for Personal Protective Equipment (PPE) conservation*. *American Journal of Emergency Medicine*, 38(7), 1532–1534. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.04.044>
- [40]. Gaviola, C., Nicolaou, L., Sharma, A. K., Chandyo, R., Parker, D., Shrestha, L., Das, S. K., Ramachandran, G., Thygerson, S. M., Beres, L., & Checkley, W. 2024. Knowledge, attitudes and practices regarding respirable silica exposure and personal protective equipment use among brick kiln workers in Nepal. *Occupational and Environmental Medicine*, 81(6), 287–295. <https://doi.org/10.1136/oemed-2024-109516>
- [41]. Gomeseria, R. V. 2019. *Personal Protective Equipment (PPE) Planning in The Construction Environment*. *Journal of Engineering Design & Construction Studies*, September 2019, 1–4. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/VQ4CK>
- [42]. Guan, L. R., xian, G. J., Rajendran, S. D., & Wahab, S. N. 2019a. *A study on the effectiveness of Personal Protective Equipment (PPE) on Building Construction Workers*. *E3S Web of Conferences*, 136. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913604090>
- [43]. Guan, L. R., xian, G. J., Rajendran, S. D., & Wahab, S. N. 2019b. *A study on the effectiveness of Personal Protective Equipment (PPE) on Building Construction Workers*. *E3S Web of Conferences*, 136(July). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913604090>
- [44]. Guide, I. 2024. *Personal Protective Equipment (Ppe) Detection At Construction Site*. 11(2), 878–915.
- [45]. Gungor, C. 2024. *İ n ş aat Sektörü Çal ı ş anlar ı n ı n Ki ş isel Koruyucu Donan ı mlar Hakk ı ndaki Görü ş leri* The Opinions Of Construction Sector Workers About. *March*.
- [46]. Gurung, P., Dahal, M., Baral, K., Pathak, A., & Khanal, S. 2021. *Knowledge and Understanding of Personal Protective Equipment Use among Laborer Population of the Nepalese Workforce*. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/7679185>

- [47]. Hasibuan, N. (2024). *Analysis of the Level of Compliance with the Use of Personal Protective Equipment at PT xx Industrial and Construction Development*. 2(3), 1–10.
- [48]. Indah, A.-. 2017. *Evaluasi Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Bangunan Gedung Di Kabupaten Cirebon*. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v19i1.9492>
- [49]. Iskandar, A., & Nursia N, L. E. (2022). Analisis Penggunaan Alat Pelindung Diri (Apd) Pada Tenaga Kerja (Manpower) Area Ash Silo Pt Pln (Persero) Upk Nagan Raya. *JKM (Jurnal Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama*, 10(2), 220. <https://doi.org/10.31596/jkm.v10i2.1084>
- [50]. Izudi, J., Ninsiima, V., & Alege, J. B. (2017). Use of Personal Protective Equipment among Building Construction Workers in Kampala, Uganda. *Journal of Environmental and Public Health*, 2017(November 2015). <https://doi.org/10.1155/2017/7930589>
- [51]. Jafferson, J. M., & Pattanashetti, S. (2021). Use of 3D printing in production of personal protective equipment (PPE) - A review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 1247–1260. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.072>
- [52]. Jamila, R., & Beatrix, M. 2023. *Evaluasi Penerapan K3 Pada Proyek Pembangunan Jalur Ganda Jalan Kereta Api Lintas Selatan Jawa Mojokerto-Sepanjang (Paket 9)*. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 40–45.
- [53]. Ji, x., Gong, F., Yuan, x., & Wang, N. 2023. *A high-performance framework for personal protective equipment detection on the offshore drilling platform*. *Complex and Intelligent Systems*, 9(5), 5637–5652. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01028-0>
- [54]. Jin, H., & Goodrum, P. M. 2024. *Prioritization of Personal Protective Equipment Plans for Construction Projects Based on an Integrated Analytic Network Process and Fuzzy VIKOR Method*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/app14219904>KDSs.(n. d.)
- [55]. Kedokteran, F., & Lambung, U. (2023). *Literature review : faktor yang berhubungan dengan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri pada pekerja konstruksi di indonesia*.
- [56]. Kim, S., Jeong, M., Koo, M., Kim, T., & Kim, H. (2024). Context-Adaptive CCTV Pan-Tilt-Zoom method for Personal Protective Equipment Detection. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Isarc*, 768–775. <https://doi.org/10.22260/ISARC2024/0100>
- [57]. Kośła, K., Olejnik, M., & Olszewska, K. (2020). Preparation and properties of composite materials containing graphene structures and their applicability in personal protective equipment: A Review. *Reviews on Advanced Materials Science*, 59(1), 215–242. <https://doi.org/10.1515/rams-2020-0025>
- [58]. Kshatri, J. S., Satpathy, P., Sharma, S., Bhoi, T., Mishra, S. P., & Sahoo, S. S. (2022). Health research in the state of Odisha, India: A decadal bibliometric analysis (2011–2020). *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 6(2), 169–170. <https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc>
- [59]. Kurmi, D., Choudhary, S., & Yadav, S. K. 2025. *Factors Associated With Avoidance Of Safety Equipment By Construction Workers In Construction Projects*. 54(2015), 640–644.
- [60]. La Tho, I., Sari Indah, F. P., & Puji, L. K. R. 2020. *Analisis Pengawasan Petugas Safety Dengan Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (Apd) Di Proyek Pembangunan Apartemen Marigold At Nava Park*. *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 2(2), 98. <https://doi.org/10.32493/jitmi.v2i2.y2019.p98-105>
- [61]. Lee, B., Chim, H., Ting, C. Y., Wah, F. K., & Kah, K. S. 2020. *The Potential of Implementing Smart Personal Protective Equipment (PPE) To Minimize Work Related Injuries in Construction Sites*. 2020(July), 17. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- [62]. Lee, Y. R., Jung, S. H., Kang, K. S., Ryu, H. C., & Ryu, H. G. 2023. *Deep learning-based framework for monitoring wearing personal protective equipment on construction sites*. *Journal of Computational Design and Engineering*, 10(2), 905–917. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwad019>
- [63]. Legierski, J., Rachwal, K., Sowinski, P., Niewolski, W., Ratuszek, P., Kopertowski, Z., Paprzycki, M., & Ganzha, M. 2022. *Towards Edge-Cloud Architectures for Personal Protective Equipment Detection*. In *ACM International Conference Proceeding Series (Vol. 1, Issue 1)*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3590837.3590921>
- [64]. Lo, J. H., Lin, L. K., & Hung, C. C., 2023. *Real-Time Personal Protective Equipment Compliance Detection Based on Deep Learning Algorithm*. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/su15010391>
- [65]. Man, S. S., Alabdulkarim, S., Chan, A. H. S., & Zhang, T. (2021). The acceptance of personal protective equipment among Hong Kong construction workers: An integration of technology acceptance model and theory of planned behavior with risk perception and

- safety climate. *Journal of Safety Research*, 79, 329–340.
<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.09.014>
- [66]. Mentari, T. S., & Artikel, I. (2020). Kepatuhan Pemakaian Alat Pelindung Diri Pada Pekerja Proyek. *Higeia Journal of Public Health Research and Development*, 4(4), 610–620.
- [67]. Nafista, C., Lestari, I. B., Rachmayanti, R. D., & Wahyudino, Y. D. A. (2022). Kepatuhan Penerapan Alat Pelindung Diri (APD) Pada Pekerja Konstruksi Obedience to Implement Personal Protective Equipment (PPE) on Construction Workers. *Media Gizi Kesmas*, 11(02), 1–7.
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://e-journal.unair.ac.id/MGK/article/download/37144/22956&ved=2ahUKEwjO3afx45D_AhVD7zgGHZ2NDkQQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw08SJCqSqzOQjOFgsS6CGwG
- [68]. Nath, N. D., Behzadan, A. H., & Paal, S. G. (2020). Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment. *Automation in Construction*, 112(January), 103085.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103085>
- [69]. Nazli, N. A. N. M., Sabri, N., Aminuddin, R., Ibrahim, S., Yusof, S., & Nasir, S. D. N. M. (2024). A real-time system for detecting personal protective equipment compliance using deep learning model YOLOv5. *Procedia Computer Science*, 245(C), 647–656.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.10.291>
- [70]. Nirvana, M. N., Rachmadi, R. F., & Purnama, I. K. E. 2023. *Sistem Pendeteksi Alat Pelindung Diri (APD) Pada Pekerja Konstruksi Berbasis Convolutional Neural Network*. *Jurnal Teknik ITS*, 12(3), 1–7.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i3.121850>
- [71]. Nisa, K., Nur Fajri, F., & Arifin, Z. 2023. *Implementation of Personal Protective Equipment Detection Using Django and Yolo Web at Paiton Steam Power Plant (PLTU)*. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika (JITEKI)*, 9(2), 333–347.
<https://doi.org/10.26555/jiteki.v9i2.26131>
- [72]. Nugraha, K. O. P. P., & Rifai, A. P. 2023. *Convolutional Neural Network for Identification of Personal Protective Equipment Usage Compliance in Manufacturing Laboratory*. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 22(1), 11–24.
<https://doi.org/10.23917/jiti.v22i1.21826>
- [73]. Nurdiana Tanjung, & Susilawati Susilawati. 2024. *Pentingnya Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada Pekerja Bangunan terhadap Keselamatan Kerja*. *Corona: Jurnal Ilmu Kesehatan Umum, Psikolog, Keperawatan Dan Kebidanan*, 2(2), 86–96.
<https://doi.org/10.61132/corona.v2i2.403>
- [74]. O'Brien, J. A. 2008. *The use of personal protective equipment in the laboratory*. *Clinical Leadership and Management Review*, 22(2).
- [75]. Onyebeke, L. C., Papazaharias, D. M., Freund, A., Dropkin, J., McCann, M., Sanchez, S. H., Hashim, D., Meyer, J. D., Lucchini, R. G., & Zuckerman, N. C., (2016). *Access to properly fitting personal protective equipment for female construction workers*. *American Journal of Industrial Medicine*, 59(11), 1032–1040.
<https://doi.org/10.1002/ajim.22624>
- [76]. Oo, B. L., & Lim, B. T. H. 2023. *Women Workforces' Satisfaction with Personal Protective Equipment: A Case of the Australian Construction Industry*. *Buildings*, 13(4).
<https://doi.org/10.3390/buildings13040959>
- [77]. Oo, B. L., & Lim, T. H. B. 2020. *Women's Accessibility to Properly Fitting Personal Protective Clothing and Equipment in the Australian Construction Industry*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 498(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012096>
- [78]. Phade, G., Tribhuvan, A., Vaidya, O., & Gandhe, S. 2021. *Design and development of smart personal protective equipment vending machine using internet of thing*. *2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics, ESCI 2021*, 252–257.
<https://doi.org/10.1109/ESCI50559.2021.9396775>
- [79]. Prasetyo, R., Ahya, R., Sri Lestari, M., & Komariah, A. 2023. *Implementasi Alat Pelindung Diri Sebagai Esensi K3 Pada Pekerja Las Konstruksi di UMKM*. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 5(1), 1–8.
<https://doi.org/10.20885/jattec.vol5.iss1.art1>
- [80]. Rasouli, S., Alipouri, Y., & Chamanzad, S. 2024. *Smart Personal Protective Equipment (PPE) for construction safety: A literature review*. *Safety Science*, 170(November).
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106368>
- [81]. Riaz, M., He, J., xie, K., Alsagri, H. S., Moqurrab, S. A., Alhakhani, H. A. A., & Obidallah, W. J. 2023. *Enhancing Workplace Safety: PPE_Swin—A Robust Swin Transformer Approach for Automated Personal Protective Equipment Detection*. *Electronics (Switzerland)*, 12(22).
<https://doi.org/10.3390/electronics12224675>
- [82]. Rivera, L., Baguec, H., & Yeom, C. 2020. A

- study on causes of delay in road construction projects across 25 developing countries.* Infrastructures, 5(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5100084>
- [83]. Salomé, G. M., Mendonça, A. R. D. A., De Almeida, M. V. T., & Miranda, F. D. 2021. *A Mobile Application to Guide Healthcare Professionals in the Correct Technique for Personal Protective Equipment Use during the COVID-19 Pandemic.* Journal of Coloproctology, 41(4), 383–392. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1739372>
- [84]. Sanjeevani, P., Neuber, G., Fitzgerald, J., Chandrasena, N., Potums, S., Alavi, A., & Lane, C. 2024. *Real-Time Personal Protective Equipment Non-Compliance Recognition on AI Edge Cameras.* Electronics (Switzerland), 13(15). <https://doi.org/10.3390/electronics13152990>
- [85]. Sehsah, R., El-Gilany, A. H., & Ibrahim, A. M. 2020. *Personal protective equipment (Ppe) use and its relation to accidents among construction workers.* Medicina Del Lavoro, 111(4), 285–295. <https://doi.org/10.23749/mdl.v111i4.9398>
- [86]. Septiyani, D., Sangadji, N. W., Handayani, P., Alia, C., Muda, K., Studi, P., Masyarakat, K., Kesehatan, F. I., & Unggul, U. E. 2024. *Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri pada Pekerja Proyek Pengendalian Banjir Sungai Bekasi dan Faktor yang Mempengaruhinya The Use of Personal Protective Equipment Compliance by River Flood Control Project Workers and Associated Factors Pengendalian B.* 16(3), 151–159.
- [87]. Shi, C., Zhu, D., Shen, J., Zheng, Y., & Zhou, C. 2023. *GBSG-YOLOv8n: A Model for Enhanced Personal Protective Equipment Detection in Industrial Environments.* Electronics (Switzerland), 12(22). <https://doi.org/10.3390/electronics12224628>
- [88]. Torres, P., Davys, A., Silva, T., Schirmer, L., Kuramoto, A., Itagyba, B., Salgado, C., Comandulli, S., Ventura, P., Fialho, L., Fischer, M., Kalinowski, M., Barbosa, S., & Lopes, H. 2021. *A Robust Real-time Component for Personal Protective Equipment Detection in an Industrial Setting.* International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS - Proceedings, 1(Iceis), 693–700. <https://doi.org/10.5220/0010452606930700>
- [89]. Truong, T., Bhatt, A., Queiroz, L., Lai, K., & Yanushkevich, S. 2020. *Instance Segmentation of Personal Protective Equipment using a Multi-stage Transfer Learning Process.* Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2020-Octob, 1181–1186. <https://doi.org/10.1109/SMC42975.2020.9283427>
- [90]. Tumiwa, J. M., Tjakra, J., & Inkiriwang, R. L. 2019. *Pengaruh Penerapan Alat Pelindung Diri Terhadap Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi Gedung Bertingkat Pembangunan Gedung Pendidikan FPIK Universitas Sam Ratulangi.* Jurnal Sipil Statik, 7(9), 1197–1202.
- [91]. Vigneshkumar, C., & Salve, U. R. 2022. *Why Does an Indian Construction Worker Fail to Wear Personal Protective Equipment (PPE) at Workplace? Lecture Notes in Networks and Systems, 391(June), 271–277.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-94277-9_24
- [92]. Vukicevic, A. M., Petrovic, M., Milosevic, P., Peulic, A., Jovanovic, K., & Novakovic, A. 2024. *A systematic review of computer vision-based personal protective equipment compliance in industry practice: advancements, challenges and future directions.* Artificial Intelligence Review, 57(12). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10978-x>
- [93]. Wang, Z., Wu, Y., Yang, L., Thirunavukarasu, A., Evison, C., & Zhao, Y. 2021. *Fast personal protective equipment detection for real construction sites using deep learning approaches.* Sensors, 21(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s21103478>
- [94]. Warnaningrum, Y. F., & Lestari, P. W. 2019. *Pengetahuan Dan Perilaku Penggunaan Alat Pelindung Diri Di Proyek Grand Kamala Lagoon Bekasi.* Binawan Student Journal, 1(1), 39–43. <https://journal.binawan.ac.id/bsj/article/view/49>
- [95]. Wong, T. K. M., Man, S. S., & Chan, A. H. S. 2020. *Critical factors for the use or non-use of personal protective equipment amongst construction workers.* Safety Science, 126(November 2019), 104663. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104663>
- [96]. Wuala, H. D., & Rarasati, A. D. 2020. *Causes of delays in construction project for developing Southeast Asia countries.* IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 830(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/830/2/022054>
- [97]. xiong, R., & Tang, P. 2021. *Pose guided anchoring for detecting proper use of personal protective equipment.* Automation in Construction, 130 (September 2020), 103828. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103828>
- [98]. Yang, B., xiao, H., & Zhang, B. (2024). *A unified object and keypoint detection framework for Personal Protective*

- Equipment use. *Developments in the Built Environment*, 20(October), 100559. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100559>
- [99]. Yankson, I. K., Nsiah-Achampong, N. K., Okyere, P., Afukaar, F., Otupiri, E., Donkor, P., Mock, C., & Owusu-Dabo, E. 2021. *On-site personal protective equipment signage and use by road construction workers in Ghana: a comparative study of foreign- and locally-owned companies*. *BMC Public Health*, 21(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12376-2>
- [100]. Yipeng, L., & Junwu, W. 2024. *Personal Protective Equipment Detection for Construction Workers: A Novel Dataset and Enhanced YOLOv5 Approach*. *IEEE Access*, 12(February), 47338–47358. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3382817>
- [101]. Yosef, T., & Shifera, N. 2023. *Personal Protective Equipment Utilization and Associated Factors among Industry Park Construction Workers in Northwest Ethiopia*. *Environmental Health Insights*, 17, 0–4. <https://doi.org/10.1177/11786302231185683>
- [102]. Yulianto, B., Purnomo Irawan, D. W., Supriyono, V., Khasanah, U., & Saadah, N. 2022. *Behavior of Users Personal Protective Equipment based on Health Belief Model and Social Capital*. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(E), 1300–1306. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.9150>
- [103]. Zhang, H., Mu, C., Ma, x., Guo, x., & Hu, C. 2024. *MEAG-YOLO: A Novel Approach for the Accurate Detection of Personal Protective Equipment in Substations*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/app14114766>
- [104]. Zhang, x., Shen, J., Wang, Y., xiao, J., & Li, J. (2024). *Zero-Shot Image Caption Inference System Based on Pretrained Models*. *Electronics (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/electronics13193854>
- [105]. Zhu, J., Saberian, M., Li, J., Wang, L., & Maqsood, T. 2024) *Turning crisis into opportunity: A comprehensive review on the application of personal protective equipment (PPE) waste in asphalt pavement construction for sustainable development*. *Resources, Conservation and Recycling*, 211 (August), 107857. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.1>