

Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Bidang Informatika: Tinjauan Risiko Pekerja Dan Peran Kecerdasan Artifisial

^{1*}Yusri Simang, ²Muhammad Yahya

^{1,2}Universitas Negeri Makassar

ABSTRAK

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) kerap diasosiasikan dengan sektor berisiko fisik tinggi seperti konstruksi dan manufaktur, sehingga bahaya kerja di bidang informatika cenderung terabaikan. Padahal, pekerja informatika terpapar bahaya visual, muskuloskeletal, dan psikososial yang bersifat kronis, sementara teknologi informatika sendiri kini menjadi instrumen penting pengendalian risiko K3. Artikel ini bertujuan memetakan profil risiko K3 pekerja informatika, menganalisis peran kecerdasan artifisial (*artificial intelligence/AI*) dan teknologi digital bagi K3, serta merumuskan kerangka pengendalian yang selaras dengan regulasi di Indonesia. Penelitian menggunakan tinjauan pustaka terstruktur yang mengadaptasi tahapan PRISMA 2020 terhadap publikasi periode 2023–2026, dilengkapi analisis normatif atas regulasi dan standar K3. Hasil sintesis menunjukkan prevalensi gabungan *computer vision syndrome* sebesar 66–69%, keluhan muskuloskeletal 33,8–95,3% pada pengguna komputer, serta pola *technostress* dan *burnout* yang dipicu beban kerja, kompleksitas teknologi, dan kaburnya batas kerja jarak jauh. Di sisi lain, *computer vision* berbasis *deep learning*, perangkat *wearable*, dan analitik prediktif menjanjikan untuk pemantauan K3, tetapi membawa risiko baru berupa isu privasi, bias algoritmik, dan berkurangnya otonomi pekerja. Artikel ini mengusulkan kerangka K3 informatika dua arah yang memadukan hierarki pengendalian risiko dengan tata kelola data dan AI sebagai rujukan bagi praktisi, organisasi, dan insinyur informatika.

Kata Kunci: Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Informatika, Ergonomi, *Technostress*, Kecerdasan Artifisial

ABSTRACT

Occupational safety and health (OSH) is commonly associated with physically hazardous sectors such as construction and manufacturing, leaving work-related hazards in informatics largely overlooked. Informatics workers are, in fact, exposed to chronic visual, musculoskeletal, and psychosocial hazards, while informatics technologies have simultaneously become important instruments for OSH risk control. This article aims to map the OSH risk profile of informatics workers, analyse the role of artificial intelligence (AI) and digital technologies in OSH, and formulate a control framework aligned with Indonesian regulations. A structured literature review adapting the PRISMA 2020 stages was conducted on publications from 2023–2026, complemented by a normative analysis of OSH regulations and standards. The synthesis shows a pooled prevalence of computer vision syndrome of 66–69%, musculoskeletal complaints of 33.8–95.3% among computer users, and patterns of technostress and burnout driven by workload, technological complexity, and blurred boundaries in remote work. Conversely, deep learning-based computer vision, wearable devices, and predictive analytics are promising for OSH monitoring, yet introduce new risks related to privacy, algorithmic bias, and reduced worker autonomy. This article proposes a two-way informatics OSH framework that integrates the hierarchy of controls with data and AI governance as a reference for practitioners, organisations, and informatics engineers.

Keywords: Occupational Safety and Health, Informatics, Ergonomics, *Technostress*, Artificial Intelligence

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan hak setiap tenaga kerja sekaligus kewajiban pengurus tempat kerja sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, yang kemudian dioperasionalkan melalui Sistem Manajemen K3 (SMK3) dalam Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 (Republik Indonesia, 1970, 2012). Urgensi K3 di Indonesia tecermin dari data jaminan sosial ketenagakerjaan: jumlah klaim Jaminan Kecelakaan Kerja meningkat dari 182.835 kasus pada 2019 menjadi 360.635 kasus sepanjang Januari–November 2023 (BPJS Ketenagakerjaan, 2024).

Namun, wacana K3 masih didominasi oleh kecelakaan yang kasatmata di sektor konstruksi, pertambangan, dan manufaktur, sedangkan gangguan kesehatan akibat kerja yang berkembang perlahan dan kumulatif kurang mendapat perhatian.

Bidang informatika merupakan salah satu sektor yang paling terdampak transformasi digital. Pengembang perangkat lunak, analis data, administrator jaringan, hingga teknisi pusat data menghabiskan sebagian besar waktu kerja di depan layar dengan postur statis, beban kognitif tinggi, dan tuntutan ketersediaan yang sering melampaui jam kerja formal. Pola kerja ini berasosiasi dengan *computer vision syndrome* (CVS), gangguan muskuloskeletal akibat kerja (*work-related musculoskeletal disorders*/WMSDs), serta *technostress* dan *burnout* (Ccami-Bernal dkk., 2024; Demissie dkk., 2024; Kotek & Vranjes, 2025). Pergeseran ke kerja jarak jauh dan hibrida juga memindahkan sebagian persoalan ergonomi ke ruang domestik yang umumnya tidak dirancang untuk bekerja (Coutu dkk., 2025). Lebih jauh, Organisasi Perburuahan Internasional menyoroti bahwa risiko K3 tersebar di sepanjang rantai pasok digital, termasuk pekerja yang menopang sistem AI dan pekerja yang menangani limbah elektronik (International Labour Organization [ILO], 2025).

Di sisi lain, informatika tidak hanya menjadi sumber bahaya, tetapi juga instrumen pengendalian risiko. *Computer vision* berbasis *deep learning* kini dimanfaatkan untuk memantau kepatuhan penggunaan alat pelindung diri (APD) secara otomatis (Vukicevic dkk., 2024), dan penelitian di Indonesia telah menerapkan YOLOv8 untuk mendeteksi pemakaian helm keselamatan dengan akurasi uji 99% (Direja dkk., 2024). Perangkat *wearable*, *Internet of Things* (IoT), dan analitik prediktif turut memperluas kemampuan pemantauan kondisi fisiologis dan lingkungan kerja secara waktu nyata (Mendes dkk., 2026). Namun, adopsi kecerdasan artifisial (*artificial intelligence*/AI) dalam K3 juga memunculkan persoalan privasi data, bias algoritmik, dan berkurangnya otonomi pekerja (Fiegler-Rudol dkk., 2025), yang di Indonesia bersinggungan langsung dengan Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi (Republik Indonesia, 2022).

Kajian yang ada umumnya masih terfragmentasi. Literatur kesehatan kerja membahas dampak kesehatan pada pengguna komputer, sementara literatur ilmu komputer lebih banyak berfokus pada AI untuk keselamatan di sektor konstruksi dan industri. Masih sedikit kajian yang memadukan kedua perspektif tersebut dalam konteks profesi informatika dan mengaitkannya dengan regulasi K3 nasional serta tanggung jawab profesi keinsinyuran. Padahal, Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran mengatur praktik keinsinyuran agar memberikan pelindungan kepada pengguna dan pemanfaat keinsinyuran (Republik Indonesia, 2014), sejalan dengan kode etik insinyur Indonesia yang menempatkan keselamatan, kesehatan, dan kesejahteraan masyarakat sebagai prioritas utama.

Berdasarkan celah tersebut, artikel ini bertujuan untuk: (1) memetakan profil bahaya dan risiko K3 pekerja informatika berdasarkan bukti ilmiah 2023–2026; (2) menganalisis peluang dan risiko pemanfaatan AI serta teknologi digital bagi K3; dan (3) merumuskan kerangka pengendalian risiko K3 informatika yang selaras dengan SMK3, Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018, serta ISO 45001 dan ISO 45003. Artikel ini berangkat dari premis bahwa K3 di bidang informatika perlu dipandang secara dua arah: melindungi pekerja informatika dari bahaya kerjanya sekaligus memanfaatkan keahlian informatika untuk memperkuat K3 secara lebih luas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan desain tinjauan pustaka terstruktur (*structured literature review*) yang dipadukan dengan analisis normatif terhadap regulasi dan standar K3. Tahapan penelusuran dan seleksi literatur mengadaptasi alur PRISMA 2020 (Page dkk., 2021), yaitu identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi, kemudian dilanjutkan dengan sintesis tematik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

2.1 Desain dan Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup kajian dibagi menjadi dua ranah. Ranah A, yaitu K3 untuk pekerja informatika, mencakup bahaya dan risiko yang dihadapi pengembang perangkat lunak, analis data, administrator sistem, teknisi pusat data, dan pekerja pengguna komputer intensif lainnya. Ranah B, yaitu informatika untuk K3, mencakup pemanfaatan *computer vision*, perangkat *wearable*, IoT, dan analitik berbasis AI untuk mendukung pengendalian risiko K3. Pembagian ini memungkinkan analisis yang utuh terhadap peran ganda informatika sebagai sumber bahaya sekaligus sebagai solusi.

2.2 Strategi Penelusuran Literatur

Penelusuran dilakukan pada September 2026 melalui PubMed Central, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), dan Google Scholar untuk literatur internasional, serta portal SINTA dan Garuda untuk literatur nasional. Kata kunci disusun dalam bahasa Inggris dan Indonesia menggunakan operator Boolean, antara lain ("computer vision syndrome" OR "digital eye strain") AND ("computer users" OR "IT professionals"); ("musculoskeletal disorders") AND ("software developer" OR "IT professional"); ("technostress" OR "burnout") AND ("software engineering" OR "employees"); ("computer vision" OR "wearable" OR "artificial intelligence") AND ("occupational safety" OR "personal protective equipment"); serta "K3" AND ("informatika" OR "deteksi APD"). Rentang publikasi dibatasi Januari 2023 hingga September 2026 agar sintesis mencerminkan bukti terkini.

2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

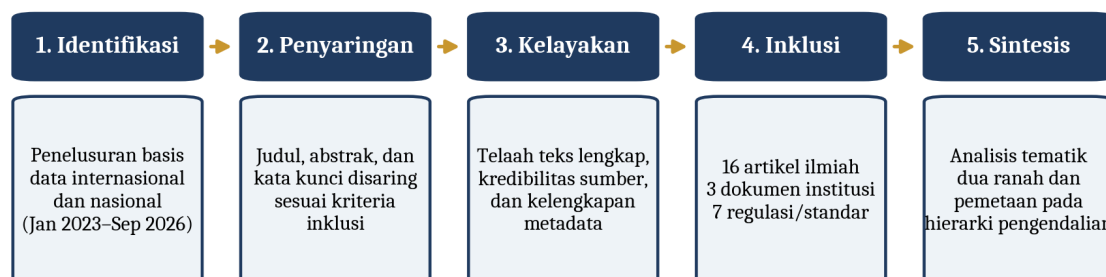
Kriteria seleksi literatur dirangkum pada Tabel 1. Dokumen regulasi, standar, dan pedoman metodologis dimasukkan tanpa batasan tahun karena berfungsi sebagai acuan normatif yang masih berlaku.

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi literatur

Aspek	Kriteria inklusi	Kriteria eksklusi
Jenis publikasi	Artikel jurnal, prosiding, atau laporan resmi lembaga internasional/nasional	Opini, berita tanpa penulis atau lembaga yang jelas, dan naskah tanpa telaah sejawat
Periode	Januari 2023 – September 2026	Terbit sebelum 2023 (kecuali regulasi, standar, dan pedoman metodologis)
Populasi/konteks	Pekerja informatika atau pengguna komputer intensif; penerapan teknologi digital untuk K3	Populasi anak sekolah; konteks klinis di luar pekerjaan
Luaran	Prevalensi, faktor risiko, intervensi, atau kinerja teknologi K3	Tidak melaporkan luaran yang relevan dengan K3
Bahasa dan akses	Bahasa Inggris atau Indonesia; teks lengkap atau abstrak dengan metadata lengkap	Bahasa lain; metadata penulis, tahun, atau sumber tidak lengkap

2.4 Ekstraksi dan Sintesis Data

Dari setiap literatur terpilih diekstraksi informasi mengenai penulis, tahun, desain studi, populasi atau konteks, dan temuan utama. Sintesis dilakukan secara tematik: temuan Ranah A dikelompokkan menurut jenis bahaya (visual, muskuloskeletal, kerja jarak jauh, psikososial, serta fisik dan rantai pasok digital), sedangkan temuan Ranah B dikelompokkan menurut jenis teknologi. Hasil kedua ranah kemudian dipetakan pada hierarki pengendalian risiko, yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa teknis, pengendalian administratif, dan APD, sebagaimana diamanatkan ISO 45001:2018 klausul 8.1.2 (International Organization for Standardization [ISO], 2018), lalu dianalisis keselarasannya dengan regulasi nasional. Karena desain studi yang heterogen, sintesis dilakukan secara naratif tanpa meta-analisis ulang.



Gambar 1. Tahapan tinjauan pustaka terstruktur yang mengadaptasi alur PRISMA 2020

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan karakteristik literatur terpilih, profil risiko K3 pekerja informatika (Ranah A), peran informatika dan AI bagi K3 (Ranah B), kerangka pengendalian yang diusulkan, serta implikasinya bagi profesi insinyur informatika.

3.1 Karakteristik Literatur Terpilih

Proses seleksi menghasilkan 16 artikel ilmiah, tiga dokumen institusi (ILO, WHO, dan BPJS Ketenagakerjaan), dan tujuh dokumen regulasi atau standar. Sebanyak 12 artikel berada pada Ranah A dan 4 artikel pada Ranah B (Tabel 2). Dari sisi desain, literatur didominasi bukti sekunder, yakni tiga meta-analisis, delapan tinjauan sistematis, pemetaan sistematis, atau *scoping review*, serta satu tinjauan naratif; sisanya berupa dua studi potong lintang, satu studi intervensi, dan satu studi pengembangan sistem. Hanya dua artikel yang berasal dari Indonesia, yaitu studi faktor risiko WMSDs pada pekerja TI di Jawa Timur (Prasetya dkk., 2024) dan pengembangan model deteksi helm keselamatan (Direja dkk., 2024). Temuan ini menunjukkan bahwa bukti empiris K3 informatika di Indonesia masih sangat terbatas.

Tabel 2. Ringkasan 16 artikel ilmiah yang disintesis

N o	Penulis (Tahun)	Ranah/Fokus	Desain	Temuan utama
1	Anbesu & Lema (2023)	A – visual	Tinjauan sistematis dan meta-analisis	Prevalensi gabungan CVS 66% (IK95%: 59–74)
2	Ccami-Bernal dkk. (2024)	A – visual	Tinjauan sistematis dan meta-analisis	Prevalensi CVS 69,0% (IK95%: 62,3–75,3); rentang antarstudi 12,1–97,3%; lebih tinggi pada perempuan
3	Talens-Estarelles dkk. (2023)	A – visual	Studi intervensi (n = 29)	Pengingat jeda 20-20-20 menurunkan gejala kelelahan mata digital dan mata kering, tetapi efeknya tidak bertahan setelah pengingat dihentikan
4	Demissie dkk. (2024)	A – muskuloskeletal	Tinjauan sistematis	Prevalensi WMSDs pada pengguna komputer 33,8–95,3%
5	Prasetya dkk. (2024)	A – muskuloskeletal	Potongan lintang (n = 150; Indonesia)	Leher paling berisiko; durasi layar, sandaran lengan, monitor, kerja malam, sandaran punggung, dan tetikus berhubungan dengan WMSDs
6	Chaturvedi dkk. (2025)	A – muskuloskeletal	Potongan lintang (n = 200)	Prevalensi MSDs 12 bulan 72%; kerja ≥8 jam/hari meningkatkan risiko (OR = 3,175)
7	Fadel dkk. (2023)	A – kerja jarak jauh	Tinjauan sistematis (25 studi)	Hasil belum konsisten; peningkatan MSDs terkait faktor ergonomi dan organisasi kerja
8	Coutu dkk. (2025)	A – kerja jarak jauh	<i>Scoping review</i> (77 studi)	Stasiun kerja buruk, hari kerja panjang, sedenter, dan faktor psikologis berasosiasi dengan MSDs
9	Figueiredo dkk. (2024)	A – kerja jarak jauh	Tinjauan sistematis (64 artikel)	Dampak kerja jarak jauh terhadap kesehatan mental bersifat dualistik
10	Tulili dkk. (2023)	A – psikososial	Pemetaan sistematis (92 artikel)	Riset <i>burnout</i> rekayasa perangkat lunak bergeser ke pendekatan kuantitatif; <i>machine learning</i> menjadi standar deteksi
11	Kumar (2024)	A – psikososial	Tinjauan sistematis (46 artikel)	<i>Technostress</i> berdampak psikologis, fisiologis, dan pada keseimbangan kerja–kehidupan
12	Kotek & Vranjes (2025)	A – psikososial	Meta-analisis (84 studi; 44.576 pekerja)	Lima pemicu <i>technostress</i> memiliki pola anteseden yang berbeda
13	Vukicevic dkk. (2024)	B – <i>computer vision</i>	Tinjauan sistematis	Kepatuhan APD berbasis CV menjanjikan, tetapi terkendala variasi lingkungan, biaya komputasi, identitas, etika, dan keamanan siber
14	Direja dkk. (2024)	B – <i>computer vision</i>	Pengembangan model (Indonesia)	YOLOv8x mencapai mAP50 99,5% dan akurasi uji 99% untuk deteksi helm
15	Mendes dkk. (2026)	B – <i>wearable</i>	Tinjauan sistematis (60 studi)	<i>Wearable</i> dipakai untuk risiko ergonomi, fisiologis, lingkungan, dan kejadian kritis; bukti lapangan masih terfragmentasi
16	Fiegler-Rudol dkk. (2025)	B – AI umum	Tinjauan naratif	AI memperkuat K3, tetapi memunculkan isu privasi, bias algoritmik, dan otonomi pekerja

3.2 Profil Risiko K3 Pekerja Informatika

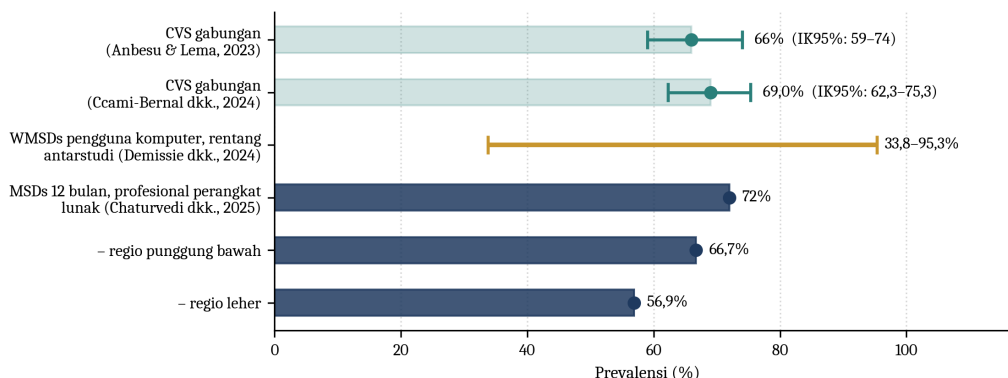
Sintesis Ranah A menghasilkan lima kelompok bahaya utama yang diuraikan sebagai berikut.

a. Risiko visual

Dua meta-analisis terbaru konsisten menunjukkan bahwa sekitar dua dari tiga pengguna komputer mengalami CVS, dengan prevalensi gabungan 66% (Anbesu & Lema, 2023) dan 69,0% (Ccami-Bernal dkk., 2024). Ccami-Bernal dkk. (2024) juga mencatat variasi prevalensi antarstudi yang sangat lebar, yaitu 12,1–97,3%, serta prevalensi yang lebih tinggi pada perempuan. Bagi pekerja informatika yang menatap layar hampir sepanjang hari kerja, angka ini menunjukkan bahwa CVS perlu diperlakukan sebagai risiko kerja yang dapat diperkirakan, bukan keluhan insidental. Uji intervensi Talens-Estarelles dkk. (2023) pada 29 pengguna komputer bergejala menunjukkan bahwa pengingat jeda berbasis aturan 20-20-20 yang dijalankan perangkat lunak dengan kamera laptop mampu menurunkan gejala kelelahan mata digital dan mata kering, tetapi perbaikan tidak bertahan satu minggu setelah pengingat dihentikan. Artinya, pengendalian risiko visual perlu dirancang sebagai kebiasaan kerja yang didukung sistem secara berkelanjutan.

b. Risiko muskuloskeletal

Tinjauan sistematis Demissie dkk. (2024) melaporkan prevalensi WMSDs pada pengguna komputer berkisar 33,8–95,3% dan menyebut beban biaya medis serta absensi akibat MSDs di sektor kerja Amerika Serikat mencapai 45–54 miliar dolar AS per tahun. Pada 200 profesional perangkat lunak di India, prevalensi MSDs dalam 12 bulan terakhir mencapai 72%, dengan punggung bawah (66,7%) dan leher (56,9%) sebagai regio paling terdampak; durasi kerja ≥8 jam per hari meningkatkan peluang MSDs lebih dari tiga kali lipat (OR = 3,175) (Chaturvedi dkk., 2025). Konteks Indonesia ditunjukkan oleh Prasetya dkk. (2024) pada 150 pekerja TI perusahaan kecil di Jawa Timur: leher merupakan regio dengan keluhan dan risiko tertinggi, diikuti punggung bawah, bahu kanan, dan punggung atas. Durasi penggunaan layar, sandaran lengan, monitor, serta kombinasi skor telepon dan monitor berhubungan dengan WMSDs seluruh tubuh, sedangkan masa kerja, kerja malam, sandaran punggung, dan skor tetikus berhubungan dengan WMSDs tangan dan pergelangan. Besaran prevalensi tersebut dirangkum pada Gambar 2.



Gambar 2. Prevalensi gangguan visual dan muskuloskeletal pada pengguna komputer dan pekerja informatika berdasarkan literatur 2023–2025

Temuan Prasetya dkk. (2024) penting karena sebagian besar faktor risikonya berada pada desain stasiun kerja yang dapat dikendalikan organisasi. Dengan demikian, intervensi tidak cukup hanya mengandalkan perubahan perilaku individu.

c. Risiko kerja jarak jauh

Fadel dkk. (2023) yang menelaah 25 studi menemukan hasil yang belum konsisten mengenai pengaruh kerja jarak jauh terhadap MSDs dengan risiko bias yang umumnya tinggi; namun, peningkatan MSDs yang berkaitan dengan faktor ergonomi dan organisasi kerja tampak menonjol, dengan nyeri punggung bawah dan leher sebagai keluhan terbanyak. *Scoping review* Coutu dkk. (2025) terhadap 77 studi menguatkan pola tersebut: stasiun kerja yang buruk, hari kerja yang memanjang, gaya hidup sedenter, penggunaan perangkat berlebihan, dan faktor psikologis berasosiasi dengan MSDs pada pekerja jarak jauh. Dari sisi kesehatan mental, Figueiredo dkk. (2024) menyimpulkan bahwa kerja jarak jauh bersifat dualistis, yakni memberi

fleksibilitas sekaligus berpotensi menimbulkan tekanan. Bagi industri informatika yang paling cepat mengadopsi model hibrida, hal ini berarti tanggung jawab K3 pemberi kerja tidak berhenti di batas kantor.

d. Risiko psikososial

Pekerjaan informatika ditandai tenggat rilis yang ketat, perubahan teknologi yang cepat, dan tuntutan ketersediaan untuk menangani insiden sistem. Meta-analisis Kotek dan Vranjes (2025) terhadap 84 studi dengan 44.576 pekerja menunjukkan bahwa lima pemicu *technostress*, yaitu *techno-complexity*, *techno-insecurity*, *techno-invasion*, *techno-overload*, dan *techno-uncertainty*, memiliki pola anteseden yang berbeda sehingga intervensinya perlu spesifik. Kumar (2024) menegaskan bahwa *technostress* berdampak psikologis dan fisiologis serta mengganggu keseimbangan kerja-kehidupan, sehingga diperlukan intervensi di tingkat organisasi. Pada ranah rekayasa perangkat lunak, pemetaan sistematis Tulili dkk. (2023) atas 92 artikel menunjukkan bahwa riset *burnout* bergeser ke pendekatan kuantitatif berbasis data dan *machine learning* telah menjadi standar *de facto* untuk mendeteksi *burnout*. Secara normatif, risiko psikososial memiliki pijakan pada faktor psikologi dalam Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 (Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2018), pedoman WHO yang merekomendasikan intervensi organisasi untuk kesehatan mental di tempat kerja (World Health Organization [WHO], 2022), serta ISO 45003 tentang pengelolaan risiko psikososial dalam sistem manajemen K3 (ISO, 2021).

e. Risiko fisik dan rantai pasok digital

Tidak semua bahaya di bidang informatika bersifat ergonomis atau psikososial. Teknisi pusat data dan jaringan menghadapi bahaya kelistrikan, kebisingan dari sistem pendingin, penanganan manual perangkat rak yang berat, serta pekerjaan di ketinggian saat instalasi kabel. ILO (2025) juga mengingatkan bahwa risiko K3 tersebar di sepanjang rantai pasok digital, mulai dari pekerja di sektor ekstraksi bahan baku, pekerja yang menopang sistem AI, hingga pekerja yang menangani limbah elektronik. Perspektif ini memperluas tanggung jawab insinyur informatika karena keputusan desain dan pengadaan sistem turut menentukan paparan risiko pekerja di luar organisasinya.

3.3 Peran Informatika dan Kecerdasan Artifisial bagi K3

Pada Ranah B, literatur menunjukkan tiga kelompok teknologi utama yang relevan dengan K3, yaitu *computer vision*, perangkat *wearable* dan IoT, serta analitik prediktif berbasis AI. Ketiganya membuka peluang pergeseran dari K3 yang reaktif menuju K3 yang proaktif, tetapi sekaligus membawa risiko baru.

a. *Computer vision* untuk kepatuhan APD dan perilaku aman

Tinjauan sistematis Vukicevic dkk. (2024) menunjukkan potensi besar *computer vision* untuk mengotomatiskan pemantauan kepatuhan APD yang selama ini bergantung pada pengawasan manual. Di Indonesia, Direja dkk. (2024) melatih YOLOv8x pada 670 citra dan memperoleh mAP50 sebesar 99,5% serta akurasi uji 99% untuk deteksi helm keselamatan pada jarak 1, 3, dan 5 meter; penelitian ini dilatarbelakangi kecenderungan pekerja melepas helm ketika pengawas tidak berada di lokasi. Meskipun demikian, Vukicevic dkk. (2024) mencatat hambatan implementasi berupa tantangan spesifik industri, variasi kondisi lingkungan, biaya komputasi pemantauan waktu nyata, pengelolaan identitas pekerja, serta isu etika dan keamanan siber. Variasi lingkungan seperti pencahayaan rendah pada shift malam merupakan tantangan yang dikenal dalam riset deteksi objek, sehingga akurasi tinggi pada data uji terkontrol belum tentu terulang di lapangan. Oleh karena itu, model K3 berbasis visi perlu divalidasi pada kondisi operasional yang representatif sebelum dijadikan dasar keputusan.

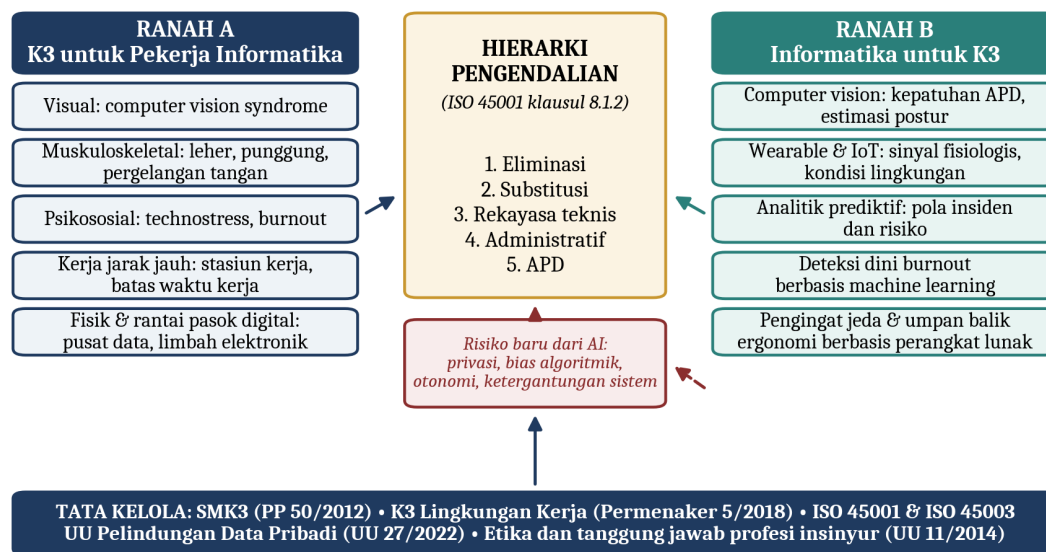
b. Perangkat *wearable* dan IoT

Mendes dkk. (2026) mensintesis 60 studi dan menemukan bahwa teknologi *wearable* terutama diterapkan untuk risiko ergonomi, fisiologis, lingkungan, dan kejadian kritis dengan memanfaatkan sensor inersia, biosensor, APD pintar, hingga eksoskeleton; namun, bukti efektivitas dan implementasinya di dunia nyata masih terfragmentasi. ILO (2025) juga menempatkan perangkat *wearable* pintar dan sensor lingkungan sebagai teknologi yang mampu mendeteksi risiko secara waktu nyata. Bagi pekerja informatika, prinsip yang sama dapat diterapkan dalam bentuk yang lebih ringan, misalnya pemantauan durasi duduk, pengingat jeda, dan umpan balik postur.

- c. Analitik prediktif dan deteksi dini risiko psikososial
- Fiegler-Rudol dkk. (2025) mengidentifikasi analitik prediktif, perangkat *wearable*, dan alat ergonomi berbasis AI sebagai aplikasi utama AI dalam K3. Pada konteks psikososial, penggunaan *machine learning* untuk mendeteksi *burnout* dari data dan artefak kerja pengembang (Tulili dkk., 2023) membuka peluang sistem peringatan dini. Namun, pemanfaatan data kerja individu untuk menilai kondisi mental pekerja harus diperlakukan dengan sangat hati-hati karena berpotensi bergeser menjadi alat pengawasan kinerja.
- d. Risiko baru dari penerapan AI
- Fiegler-Rudol dkk. (2025) mencatat bahwa privasi data, bias algoritmik, dan berkurangnya otonomi pekerja merupakan hambatan utama adopsi AI dalam K3, sementara ILO (2025) memperingatkan bahwa ketergantungan berlebih pada AI dan otomasi dapat mengurangi pengawasan manusia sehingga justru meningkatkan risiko K3, di samping ancaman kegagalan sistem dan serangan siber. Di Indonesia, citra wajah yang diolah sistem pemantauan berbasis kamera dapat tergolong data biometrik, yaitu data pribadi yang bersifat spesifik menurut UU Nomor 27 Tahun 2022 (Republik Indonesia, 2022). Konsekuensinya, setiap penerapan AI untuk K3 perlu disertai dasar pemrosesan yang sah, transparansi kepada pekerja, prinsip minimisasi data, dan penilaian dampak pelindungan data pribadi sebelum sistem dioperasikan.

3.4 Kerangka Pengendalian Risiko K3 Informatika

Sintesis kedua ranah dirumuskan menjadi kerangka K3 informatika dua arah (Gambar 3). Ranah A memetakan bahaya yang harus dikendalikan, Ranah B menyediakan instrumen teknologi pengendalian, dan keduanya bertemu pada hierarki pengendalian risiko sesuai ISO 45001 (ISO, 2018). Risiko baru dari AI ditempatkan sebagai umpan balik yang juga wajib dikendalikan, sedangkan lapisan tata kelola menjadi fondasi seluruh kerangka.



Gambar 3. Kerangka K3 informatika dua arah yang diusulkan

Penerapan kerangka pada tingkat operasional dirangkum dalam Tabel 3. Prinsip utamanya adalah memprioritaskan pengendalian pada tingkat yang lebih tinggi. Peningkat jeda, pelatihan, dan APD tetap diperlukan, tetapi temuan Talens-Estarelles dkk. (2023) dan Prasetya dkk. (2024) menunjukkan bahwa intervensi perilaku tanpa perbaikan desain kerja cenderung tidak berkelanjutan.

Tabel 3. Penerapan hierarki pengendalian pada risiko K3 di bidang informatika

Tingkat pengendalian	Contoh penerapan pada pekerjaan informatika	Risiko sasaran
Eliminasi	Otomatisasi tugas input data yang repetitif; menghapus kewajiban siaga (<i>on-call</i>) di luar jam kerja yang tidak esensial	Muskuloskeletal, psikososial
Substitusi	Mengganti kerja berbasis laptop saja dengan monitor eksternal, papan ketik, dan tetikus terpisah; mengganti kursi tanpa penyetelan	Visual, muskuloskeletal

Tingkat pengendalian	Contoh penerapan pada pekerjaan informatika	Risiko sasaran
Rekayasa teknis	Stasiun kerja yang dapat disetel (sandaran, sandaran lengan, ketinggian monitor); pencahayaan antislau; perangkat lunak pengingat jeda 20-20-20; umpan balik postur berbasis <i>computer vision</i> ; proteksi kelistrikan dan pengendalian kebisingan pusat data	Visual, muskuloskeletal, fisik
Administratif	Kebijakan jam kerja dan hak untuk tidak dihubungi di luar jam kerja; rotasi <i>on-call</i> ; pelatihan ergonomi kerja jarak jauh; survei <i>technostress</i> berkala; prosedur kerja aman pusat data; penilaian dampak perlindungan data sebelum memasang sistem pemantauan berbasis AI	Psikososial, fisik, risiko AI
APD	Kacamata koreksi sesuai jarak kerja layar atas rekomendasi tenaga kesehatan; sarung tangan dan sepatu keselamatan saat menangani perangkat rak; pelindung pendengaran di ruang server yang bising	Visual, fisik

Agar berjalan sistematis, pengendalian tersebut perlu diintegrasikan ke dalam lima elemen SMK3 menurut PP Nomor 50 Tahun 2012, yaitu penetapan kebijakan K3, perencanaan K3, pelaksanaan rencana K3, pemantauan dan evaluasi kinerja K3, serta peninjauan dan peningkatan kinerja SMK3 (Republik Indonesia, 2012). Dalam organisasi informatika, survei keluhan muskuloskeletal dan *technostress* dapat dijadikan indikator pemantauan berkala, sedangkan data agregat dari sistem pengingat jeda dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas intervensi tanpa mengidentifikasi individu.

3.5 Implikasi bagi Profesi Insinyur Informatika dan Keterbatasan Kajian

Bagi insinyur informatika, K3 memiliki dua dimensi tanggung jawab. Pertama, sebagai pekerja, insinyur informatika perlu memahami bahaya kerjanya sendiri dan mendorong budaya kerja yang sehat di dalam tim. Kedua, sebagai perancang sistem, insinyur informatika bertanggung jawab memastikan bahwa sistem AI untuk K3 aman, andal, adil, dan menghormati privasi, sejalan dengan amanat UU Nomor 11 Tahun 2014 untuk memberikan perlindungan kepada pengguna dan pemanfaat keinsinyuran (Republik Indonesia, 2014). Penerapan prinsip *safety-by-design* dan *privacy-by-design*, mekanisme *human-in-the-loop* dalam pengambilan keputusan, serta validasi model pada kondisi operasional nyata merupakan bentuk konkret profesionalisme tersebut.

Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sebagian besar bukti bersumber dari tinjauan sekunder dan studi potong lintang sehingga hubungan kausal belum dapat dipastikan. Kedua, bukti spesifik Indonesia masih sangat terbatas, yakni hanya dua artikel dalam kurun waktu kajian. Ketiga, sintesis dilakukan secara naratif tanpa meta-analisis ulang dan tanpa penilaian kualitas formal untuk setiap studi. Keterbatasan ini sekaligus menunjukkan arah riset yang perlu diprioritaskan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kajian ini menunjukkan bahwa K3 di bidang informatika perlu dipahami secara dua arah. Pada Ranah A, pekerja informatika menghadapi risiko visual, muskuloskeletal, kerja jarak jauh, psikososial, serta risiko fisik dan rantai pasok digital. Bukti 2023–2026 memperlihatkan prevalensi gabungan *computer vision syndrome* sebesar 66–69%, keluhan muskuloskeletal pada pengguna komputer sebesar 33,8–95,3%, serta *technostress* dan *burnout* yang dipicu kompleksitas teknologi, beban kerja, dan kaburnya batas waktu kerja. Studi di Indonesia menegaskan bahwa faktor stasiun kerja, durasi layar, dan kerja malam merupakan determinan WMSDs yang dapat dikendalikan organisasi. Pada Ranah B, *computer vision*, perangkat *wearable*, IoT, dan analitik prediktif menawarkan pemantauan K3 yang lebih proaktif, tetapi efektivitas lapangannya masih perlu dibuktikan dan penerapannya membawa risiko privasi, bias algoritmik, berkurangnya otonomi pekerja, serta ketergantungan berlebih pada sistem. Kerangka K3 informatika dua arah yang diusulkan memadukan hierarki pengendalian risiko dengan tata kelola SMK3, Permenaker Nomor 5 Tahun 2018, ISO 45001 dan ISO 45003, UU Pelindungan Data Pribadi, serta etika profesi insinyur sehingga dapat menjadi acuan praktis bagi organisasi dan insinyur informatika.

Berdasarkan temuan tersebut, organisasi di sektor informatika disarankan untuk memasukkan risiko ergonomi dan psikososial secara eksplisit ke dalam identifikasi bahaya SMK3, memprioritaskan perbaikan desain stasiun kerja dan pengaturan beban kerja, serta menerapkan kebijakan kerja jarak jauh yang memperhatikan kesehatan pekerja. Pengembang sistem AI untuk K3 disarankan untuk memvalidasi model pada kondisi operasional yang representatif, termasuk kondisi pencahayaan rendah, serta melakukan penilaian dampak perlindungan data sebelum sistem dioperasikan. Penelitian selanjutnya perlu

menghasilkan bukti primer di Indonesia melalui studi kohort atau intervensi pada pekerja informatika, mengembangkan instrumen pengukuran *technostress* yang tervalidasi dalam konteks lokal, dan menguji secara empiris efektivitas kerangka yang diusulkan pada organisasi nyata.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Eng. Ir. Jumadi Mabe Parenreng selaku dosen pengampu mata kuliah Profesionalisme Keinsinyuran pada Program Studi Doktor Informatika, Universitas Hasanuddin, atas arahan dan masukan yang diberikan selama penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Anbesu, E. W., & Lema, A. K. (2023). Prevalence of computer vision syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 13, 1801.
- BPJS Ketenagakerjaan. (2024, 3 Januari). *Kecelakaan kerja makin marak dalam lima tahun terakhir*. <https://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/berita/28681/Kecelakaan-Kerja-Makin-Marak-dalam-Lima-Tahun-Terakhir>
- Ccami-Bernal, F., Soriano-Moreno, D. R., Romero-Robles, M. A., Barriga-Chambi, F., Tuco, K. G., Castro-Diaz, S. D., Nuñez-Lupaca, J. N., Pacheco-Mendoza, J., Galvez-Olortegui, T., & Benites-Zapata, V. A. (2024). Prevalence of computer vision syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Optometry*, 17, 100482. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2023.100482>
- Chaturvedi, R., Ahmad, S., Rajpal, S., Singh, A., & Masood, J. (2025). Exploring musculoskeletal disorders and ergonomic challenges among software professionals: A cross sectional study. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 14(7), 2847–2852. https://doi.org/10.4103/jfmprc.jfmprc_191_25
- Coutu, M.-F., Li, J., Hong, Q. N., Kersalé, M., Dieterlen, E., Mares, A., Ahmadian Sangkar, Z., Paquet, V., Lederer, V., & Laberge, M. (2025). Work disability and musculoskeletal disorders among teleworkers: A scoping review. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 35(1), 17–29.
- Demissie, B., Bayih, E. T., & Demmelash, A. A. (2024). A systematic review of work-related musculoskeletal disorders and risk factors among computer users. *Heliyon*, 10(3), e25075. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25075>
- Direja, A. F., Cahyana, Y., Rahmat, R., & Baihaqi, K. A. (2024). Implementation of the YOLOv8 method to detect work safety helmets. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 5(3), 865–871. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2024.5.3.2005>
- Fadel, M., Bodin, J., Cros, F., Descatha, A., & Roquelaure, Y. (2023). Teleworking and musculoskeletal disorders: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 4973. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064973>
- Fiegler-Rudol, J., Lau, K., Mroczek, A., & Kasperczyk, J. (2025). Exploring human–AI dynamics in enhancing workplace health and safety: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(2), 199. <https://doi.org/10.3390/ijerph22020199>
- Figueiredo, E., Margaça, C., Hernández-Sánchez, B., & Sánchez-García, J. C. (2024). Teleworking effects on mental health—A systematic review and a research agenda. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(3), 243.
- International Labour Organization. (2025). *Revolutionizing health and safety: The role of AI and digitalization at work*. International Labour Office.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2021). *ISO 45003:2021 Occupational health and safety management — Psychological health and safety at work — Guidelines for managing psychosocial risks*. ISO.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja*.
- Kotek, M., & Vranjes, I. (2025). When do employees perceive technology as stressful? A meta-analysis of work-related technostress antecedents. *Information & Management*, 62(8), 104203. <https://doi.org/10.1016/j.im.2025.104203>

- Kumar, P. S. (2024). Technostress: A comprehensive literature review on dimensions, impacts, and management strategies. *Computers in Human Behavior Reports*, 16, 100475. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100475>
- Mendes, D., Terradillos, E., Navas, H. V. G., Costa, O., Matias, J., & Soares, V. (2026). Wearable technologies in occupational safety and health: A systematic review and a human-centered implementation model. *Applied Sciences*, 16, 4715.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Prasetya, T. A. E., Samad, N. I. A., Rahmania, A., Arifah, D. A., Rahma, R. A. A., & Al Mamun, A. (2024). Workstation risk factors for work-related musculoskeletal disorders among IT professionals in Indonesia. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 57(5), 451-460. <https://doi.org/10.3961/jpmp.24.214>
- Republik Indonesia. (1970). *Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja*.
- Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*.
- Republik Indonesia. (2014). *Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran*.
- Republik Indonesia. (2022). *Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi*.
- Talens-Estarells, C., Cerviño, A., García-Lázaro, S., Fogelton, A., Sheppard, A., & Wolffsohn, J. S. (2023). The effects of breaks on digital eye strain, dry eye and binocular vision: Testing the 20-20-20 rule. *Contact Lens and Anterior Eye*, 46(2), 101744. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2022.101744>
- Tulili, T. R., Capiluppi, A., & Rastogi, A. (2023). Burnout in software engineering: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, 155, 107116.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10978-x>
- World Health Organization. (2022). *WHO guidelines on mental health at work*. World Health Organization.