

Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Aktivitas Operasional Gudang Sortir Menggunakan Metode HIRADC

Danisarah Prilly¹, Yatna Suhetna², Mirza Nafaru Haqa³

¹Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Matana, Tangerang, Indonesia

^{2,3}Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Matana, Tangerang, Indonesia
danisarah.prilly@matanauniversity.ac.id

Abstrak: Perkembangan pesat sektor logistik dan pergudangan, khususnya pada aktivitas penyortiran barang, telah meningkatkan kompleksitas pekerjaan yang melibatkan manual handling, gerakan repetitif, serta tekanan operasional akibat tingginya volume distribusi. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko keselamatan kerja dan gangguan muskuloskeletal apabila tidak dikelola dengan pendekatan manajemen risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menganalisis tingkat risiko pada aktivitas penyortiran barang di gudang sortir menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC). Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi pada beberapa gudang sortir di wilayah Tangerang, Indonesia. Analisis dilakukan dengan menggunakan Job Hazard Analysis (JHA) untuk menguraikan tahapan kerja, kemudian dilanjutkan dengan penilaian risiko berdasarkan likelihood dan severity guna menentukan tingkat risiko serta rekomendasi pengendalian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas berada pada kategori risiko sedang, sedangkan aktivitas pemuatan barang ke kendaraan distribusi memiliki tingkat risiko tertinggi. Bahaya dominan berasal dari aktivitas manual handling, gerakan repetitif, interaksi dengan peralatan kerja, serta kondisi housekeeping yang kurang optimal. Selain itu, pengendalian yang ada belum diterapkan secara konsisten sehingga efektivitasnya masih terbatas. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode HIRADC mampu memberikan gambaran sistematis mengenai potensi bahaya dan tingkat risiko pada operasional gudang sortir, sehingga dapat menjadi dasar penentuan prioritas pengendalian K3 yang lebih efektif dan sesuai konteks operasional sektor logistik.

Kata kunci: HIRADC, keselamatan kerja, gudang sortir, manual handling, risiko ergonomi

Abstract: The rapid growth of the logistics and warehousing sector, particularly in sorting operations, has increased job complexity involving manual handling, repetitive movements, and operational pressure due to high distribution volumes. These conditions potentially elevate occupational safety risks and musculoskeletal disorders if not managed through a systematic occupational health and safety (OHS) risk management approach. This study aims to identify potential hazards and analyze risk levels in parcel sorting activities in a sorting warehouse using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) method. A qualitative descriptive approach was applied through direct observation, interviews, and documentation across several sorting warehouses in Tangerang, Indonesia. Job Hazard Analysis (JHA) was used to decompose work activities, followed by risk assessment based on likelihood and severity to determine risk levels and control recommendations. The results indicate that most activities fall under moderate risk, while loading activities into distribution vehicles represent the highest risk category. The dominant hazards are related to manual handling, repetitive movements, interaction with equipment, and inadequate housekeeping conditions. In addition, existing controls were found to be inconsistently implemented, reducing their effectiveness. This study concludes that the HIRADC approach provides a systematic overview of hazards and risk levels in sorting warehouse operations, serving as a basis for prioritizing more effective and context-based OHS control measures in the logistics sector.

Keywords: HIRADC, occupational safety, sorting warehouse, manual handling, ergonomic risk

Pendahuluan

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada dasarnya tidak bisa dilepaskan dari konsep manajemen risiko di tempat kerja. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan sektor logistik dan distribusi berjalan cukup pesat dan berdampak pada meningkatnya kompleksitas aktivitas

kerja. Aktivitas tersebut melibatkan interaksi yang intens antara pekerja, material, dan peralatan dalam satu alur operasional yang berjalan terus-menerus (Perotti et al., 2022; Winkelhaus & Grosse, 2020). Kondisi ini secara tidak langsung meningkatkan potensi terjadinya risiko kerja apabila tidak dikelola dengan pendekatan yang sistematis (Battini et al., 2017).

Di Indonesia, pertumbuhan industri logistik dan e-commerce turut mendorong peningkatan aktivitas di fasilitas pergudangan, terutama pada gudang sortir. Gudang sortir berperan sebagai titik transit yang mengelompokkan paket berdasarkan tujuan sebelum didistribusikan lebih lanjut. Dalam operasional sehari-hari, proses yang terjadi tidak hanya sekadar memindahkan barang, tetapi mencakup serangkaian tahapan seperti penerimaan paket, pemindaian dan verifikasi, penyortiran, hingga pemindahan ke armada distribusi. Aktivitas operasional di gudang sortir juga sangat dipengaruhi oleh volume paket yang masuk, yang pada periode tertentu seperti musim promosi atau menjelang hari raya dapat meningkat secara signifikan. Kondisi ini menyebabkan intensitas kerja meningkat dan proses penyortiran harus dilakukan dalam waktu yang relatif singkat untuk menjaga kelancaran distribusi. Situasi tersebut membuat aktivitas kerja berlangsung dalam ritme yang cepat, berulang, dan seringkali disertai tekanan waktu yang tinggi, sehingga potensi risiko kerja menjadi cukup beragam, mulai dari kelelahan akibat pekerjaan repetitif hingga cedera akibat penanganan beban (Loske et al., 2021; Rinckenauer et al., 2021; Ryu et al., 2023).

Jika dilihat lebih dekat, setiap tahapan dalam proses penyortiran sebenarnya memiliki karakteristik risiko yang berbeda. Aktivitas pada tahap penerimaan tentu tidak sama dengan aktivitas saat penyortiran atau ketika paket dipindahkan ke kendaraan distribusi. Perbedaan karakteristik tugas tersebut menyebabkan variasi paparan risiko, terutama terkait aktivitas *manual handling*, gerakan repetitif, dan interaksi dengan peralatan kerja yang digunakan dalam operasional gudang, sehingga tingkat risiko dapat berbeda pada setiap tahapan kerja (Battini et al., 2017). Berdasarkan hasil observasi lapangan, aktivitas kerja di gudang sortir berlangsung mengikuti kedatangan armada distribusi, sehingga durasi kerja tidak selalu terbatas pada jam kerja standar dan dalam beberapa kondisi dapat melebihi 8 jam. Selain itu, terdapat ketentuan penggunaan pakaian kerja tertentu selama proses operasional berlangsung. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pekerja terpapar risiko yang dipengaruhi oleh faktor beban kerja, durasi kerja, serta interaksi dengan lingkungan kerja. Paparan kerja berkepanjangan dan tingginya intensitas aktivitas diketahui berhubungan dengan peningkatan kelelahan, gangguan muskuloskeletal, serta penurunan performa kerja (da Costa & Vieira, 2010; Oakman et al., 2017). Namun demikian, identifikasi bahaya dan penilaian risiko pada aktivitas penyortiran barang belum dilakukan secara sistematis pada setiap tahapan kerja. Dalam beberapa kasus, proses tersebut bahkan belum menjadi bagian dari praktik operasional yang berjalan. Akibatnya, potensi bahaya yang muncul dari

masing-masing aktivitas berisiko tidak teridentifikasi secara menyeluruh, sehingga pengendalian yang diterapkan belum sepenuhnya berbasis pada tingkat risiko yang ada. Pendekatan identifikasi bahaya dan penilaian risiko secara sistematis dinilai penting untuk memastikan pengendalian risiko sesuai dengan karakteristik pekerjaan dan tingkat paparan bahaya di tempat kerja (Badri et al., 2018).

Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) banyak digunakan dalam kajian K3 untuk mengenali potensi bahaya secara terstruktur dan sistematis pada setiap aktivitas kerja. Melalui metode ini, risiko dinilai berdasarkan kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dan dampak yang ditimbulkan (*severity*), sehingga organisasi dapat menentukan prioritas tindakan secara tepat dan menerapkan pengendalian yang sesuai dengan karakteristik nyata di lapangan (Aven, 2016; Badri et al., 2018; Tchiehe & Gauthier, 2017).

Saat ini, proses penyortiran barang di gudang belum diidentifikasi secara sistematis di setiap tahapan kerja, sehingga memicu risiko adanya bahaya yang tidak terdeteksi secara menyeluruh. Kesenjangan antara kompleksitas operasional gudang dengan terbatasnya penilaian risiko ini sering kali membuat pengendalian eksisting tidak sesuai dengan tingkat risiko aktual di lapangan (Mohamad Nur Yorisyah et al., 2025).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan menggunakan metode HIRADC untuk mengkaji potensi bahaya dan tingkat risiko pada proses penyortiran barang di beberapa fasilitas gudang sortir wilayah Tangerang (Nisa, 2025). Penelitian difokuskan pada empat tahapan utama, yaitu penerimaan paket, pemindaian, penyortiran, dan pemindahan ke armada distribusi. Hasilnya diharapkan dapat memberikan gambaran rinci mengenai potensi bahaya sekaligus menjadi dasar penyusunan prioritas pengendalian risiko serta pencegahan kecelakaan kerja pada lingkungan operasional berintensitas tinggi (Firman Syah & Dahda, 2026).

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mengkaji potensi bahaya dan tingkat risiko pada aktivitas penyortiran barang di gudang sortir. Fokus penelitian diarahkan pada proses penyortiran sebagai aktivitas inti operasional yang melibatkan pekerjaan repetitif, penanganan material secara manual, serta interaksi dengan peralatan kerja. Meskipun penelitian dilakukan pada empat lokasi gudang sortir yang berbeda di wilayah Tangerang, analisis difokuskan pada satu jenis proses kerja untuk menjaga konsistensi dalam identifikasi bahaya dan penilaian risiko.

Penelitian ini dilaksanakan pada beberapa fasilitas gudang sortir di wilayah Tangerang pada periode bulan Februari-Maret 2026. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh aktivitas kerja

yang terdapat dalam proses penyortiran barang di gudang. Sampel penelitian difokuskan pada tahapan utama proses penyortiran, yaitu penerimaan paket, pemindaian dan verifikasi data, penyortiran berdasarkan wilayah, serta pemindahan paket ke armada distribusi. Pemilihan sampel dalam penelitian ini dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan bahwa tahapan yang dianalisis merupakan bagian inti dari proses operasional gudang sortir dan memiliki potensi risiko yang tinggi.

Variabel dalam penelitian ini meliputi potensi bahaya, tingkat risiko, serta pengendalian risiko pada setiap tahapan aktivitas kerja. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara semi terstruktur dengan pekerja, serta dokumentasi. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi alur kerja dan potensi bahaya pada setiap tahapan aktivitas. Wawancara dilakukan untuk mengkonfirmasi temuan di lapangan serta memperoleh informasi mengenai pengendalian risiko yang telah diterapkan. Dokumentasi digunakan sebagai data pendukung, seperti prosedur kerja dan catatan operasional.

Penelitian ini menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menyusun rekomendasi pengendalian pada aktivitas penyortiran barang di gudang. Tahap identifikasi bahaya dilakukan menggunakan pendekatan *Job Hazard Analysis* (JHA), yaitu dengan menguraikan setiap aktivitas kerja ke dalam tahapan yang lebih rinci sehingga potensi bahaya pada masing-masing tahapan dapat diidentifikasi secara sistematis (College & Bass, 2020). Proses identifikasi dilakukan melalui observasi langsung terhadap aktivitas operasional, analisis tugas kerja, dokumentasi kondisi lapangan, serta wawancara dengan pekerja atau pengawas untuk memperoleh informasi mengenai potensi bahaya dan pengendalian yang telah diterapkan. Pendekatan berbasis aktivitas kerja dipilih karena dinilai lebih efektif dalam mengidentifikasi potensi risiko nyata maupun tersembunyi dibandingkan identifikasi umum terhadap keseluruhan proses kerja (Azady et al., 2018). Hasil identifikasi bahaya selanjutnya digunakan sebagai dasar penilaian risiko pada setiap aktivitas kerja menggunakan matriks risiko HIRADC berdasarkan tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*), sehingga dapat ditentukan kategori risiko serta rekomendasi pengendalian yang sesuai (Nisa, 2025). Penggunaan JHA pada tahap identifikasi diharapkan menghasilkan profil bahaya yang lebih spesifik terhadap karakteristik aktivitas penyortiran barang, sehingga rekomendasi pengendalian yang disusun menjadi lebih kontekstual dengan kondisi operasional gudang (Novianti & Windriya, 2023).

Tahap selanjutnya dalam proses HIRADC adalah penilaian risiko (*risk assessment*) yang bertujuan menentukan tingkat risiko dari setiap aktivitas kerja untuk mengetahui prioritas pengendalian yang perlu diterapkan (Nisa, 2025). Penilaian ini dilakukan dengan mengevaluasi

setiap bahaya berdasarkan dua parameter utama, yaitu kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampak (*severity*).

Parameter *likelihood* menggambarkan probabilitas terjadinya suatu kejadian berbahaya dengan mempertimbangkan frekuensi paparan, kondisi kerja, karakteristik aktivitas, serta efektivitas pengendalian eksisting. Dalam penelitian ini, penilaian *likelihood* dilakukan melalui kombinasi observasi lapangan, wawancara, dan penelaahan kondisi operasional. Skala *likelihood* dibagi menjadi lima peringkat, dimulai dari peringkat 5 untuk kategori sangat mungkin terjadi atau hampir pasti, peringkat 4 untuk kategori mungkin terjadi atau memiliki peluang besar, peringkat 3 untuk kategori dapat terjadi sewaktu-waktu, peringkat 2 untuk kategori kemungkinan kecil terjadi atau jarang, hingga peringkat 1 untuk kategori hampir tidak mungkin terjadi.

Sementara itu, parameter *severity* menggambarkan besarnya dampak cedera, gangguan kesehatan, kehilangan waktu kerja (*lost time injury*), maupun kerusakan fasilitas (Mohamad Nur Yorisyah et al., 2025). Penilaian keparahan ini didasarkan pada konsekuensi terburuk yang berpotensi muncul dan dibagi menjadi lima peringkat, yaitu peringkat 5 untuk kategori sangat berat atau fatal yang menyebabkan kematian atau cacat permanen, peringkat 4 untuk kategori berat yang menyebabkan cacat sementara, peringkat 3 untuk kategori sedang yang memerlukan perawatan medis seperti luka atau keseleo, peringkat 2 untuk kategori ringan yang hanya memerlukan pertolongan pertama atau P3K, serta peringkat 1 untuk kategori sangat ringan yang tidak memerlukan penanganan khusus.

Setelah kedua parameter ditentukan, tingkat risiko (*risk rating*) dihitung secara sistematis dengan mengalikan nilai kemungkinan terjadinya bahaya dengan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (Prastowo et al., 2024). Melalui pendekatan perkalian ini, nilai *risk rating* diperoleh secara langsung dari hasil perkalian antara skor *likelihood* dan skor *severity*. Metode perkalian ini banyak digunakan dalam HIRADC karena mampu mengklasifikasikan risiko secara sistematis berdasarkan kombinasi probabilitas kejadian dan konsekuensi dampaknya (Priambudi et al., 2023). Nilai risiko yang diperoleh kemudian diinterpretasikan menggunakan matriks risiko 5 x 5 untuk mengelompokkan tingkat risiko ke dalam kategori tertentu demi membantu pengambilan keputusan intervensi (Fatihah & Widya Astuti, 2024; Sjarifudin et al., 2023).

Skor akhir dari perkalian ini berkisar antara 1 hingga 25, yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama. Kategori pertama adalah risiko tinggi dengan nilai 15 hingga 25 yang dianggap tidak dapat diterima sehingga memerlukan tindakan pengendalian segera sebelum aktivitas kerja dilanjutkan. Kategori kedua adalah risiko sedang dengan nilai 5 hingga 12 yang berarti masih dapat ditoleransi, namun tetap memerlukan pengendalian secara terencana serta tindakan sementara

jika diperlukan. Kategori ketiga adalah risiko rendah dengan nilai 1 hingga 4 yang umumnya dapat diterima dan hanya memerlukan pemantauan rutin tanpa tambahan pengendalian khusus.

Pengelompokan ini berfungsi membantu organisasi mengalokasikan sumber daya pengendalian secara efektif pada aktivitas dengan potensi dampak terbesar demi mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (International Labour Organization, 2021; International Organization for Standardization, 2018). Keberhasilan analisis dalam penelitian ini diukur berdasarkan kemampuan metode HIRADC dalam mengidentifikasi bahaya di setiap tahapan kerja, menentukan tingkat risiko, serta menghasilkan rekomendasi pengendalian yang sesuai secara sistematis (Aven, 2016).

Setelah tingkat risiko ditentukan, langkah selanjutnya adalah menetapkan tindakan pengendalian untuk menghilangkan atau mengurangi risiko dari potensi bahaya agar tidak menimbulkan kerugian bagi pekerja (International Organization for Standardization, 2018). Tahap ini menggunakan pendekatan sistematis berdasarkan hierarki pengendalian (*hierarchy of controls*), yaitu strategi pengendalian yang disusun berurutan mulai dari yang paling efektif hingga yang memiliki efektivitas paling rendah (Ajslev et al., 2022).

Hierarki tersebut menempatkan eliminasi bahaya sebagai pilihan utama karena mampu mengurangi risiko secara permanen dibandingkan jika hanya bergantung pada perilaku pekerja (Ajslev et al., 2022). Secara berurutan, tingkatan ini dimulai dari eliminasi bahaya, substitusi dengan alternatif yang lebih aman, penerapan pengendalian teknik (*engineering control*) untuk mengisolasi pekerja dari sumber bahaya, pengendalian administratif untuk mengatur prosedur kerja, hingga penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai bentuk perlindungan terakhir (Ajslev et al., 2022). Dalam penelitian ini, rekomendasi pengendalian disusun berdasarkan tingkat risiko HIRADC dan disesuaikan dengan kondisi operasional aktivitas penyortiran barang.

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan observasi terhadap aktivitas penyortiran barang pada empat gudang sortir di wilayah Tangerang untuk memahami alur kerja operasional serta mengidentifikasi potensi bahaya yang muncul pada setiap tahapan pekerjaan. Masing-masing gudang memiliki karakteristik operasional yang berbeda, namun seluruhnya memiliki aktivitas inti yang serupa, yaitu penerimaan paket, pemindahan barang secara manual, penyortiran berdasarkan tujuan pengiriman, serta persiapan paket untuk distribusi lanjutan. Perbedaan operasional terlihat pada penggunaan conveyor, aktivitas pengemasan ulang (*repacking*), serta proses input data, yang memunculkan variasi titik risiko pada masing-masing gudang. Gambar 1 menunjukkan kondisi umum area penyortiran barang pada beberapa gudang yang diamati.



Gambar 1. Dokumentasi kondisi lingkungan kerja pada gudang sortir: (a) kepadatan paket pada area penyortiran, (b) penempatan barang pada area distribusi, (c) kondisi area kerja yang berpotensi menimbulkan risiko tersandung dan hambatan pergerakan pekerja

Berdasarkan dokumentasi lapangan, terlihat bahwa aktivitas penyortiran dilakukan pada area kerja dengan kepadatan paket yang cukup tinggi serta variasi tata letak penyimpanan barang. Pada beberapa lokasi ditemukan paket tersusun langsung pada lantai kerja, penggunaan keranjang sortir, serta perpindahan paket secara manual. Kondisi tersebut menunjukkan adanya potensi bahaya berupa tertimpa barang, postur kerja tidak ergonomis, hambatan area berjalan (*obstructed pathway*), serta risiko terpeleset atau tersandung akibat area kerja yang kurang tertata.

Selain itu, hasil observasi menunjukkan bahwa pekerja melakukan aktivitas pengangkatan dan pemindahan paket secara berulang dengan durasi kerja yang menyesuaikan kedatangan armada distribusi. Pada kondisi tertentu aktivitas berlangsung lebih dari jam kerja standar, terutama ketika volume paket meningkat. Situasi tersebut berpotensi meningkatkan kelelahan fisik, gangguan muskuloskeletal, serta menurunkan konsentrasi kerja.

Pada gudang sortir pertama, aktivitas dimulai dari penerimaan paket yang masuk ke area kerja. Pekerja kemudian mengangkat dan memindahkan paket secara manual, melakukan penyortiran berdasarkan wilayah distribusi, menempatkan paket pada area distribusi, dan memuat paket ke kendaraan kurir. Alur kerja ini menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan manual dan pemindahan barang secara berulang menjadi titik utama yang berpotensi menimbulkan risiko ergonomi dan cedera kerja.

Gudang sortir kedua memiliki alur kerja yang relatif serupa, dimulai dari penerimaan paket dari area *intake*. Paket diangkat dari lantai atau palet, dipindahkan ke conveyor atau meja sortir, kemudian dipilah berdasarkan label pengiriman sebelum disusun kembali pada rak atau palet distribusi. Dibandingkan dengan gudang pertama, penggunaan conveyor dan meja sortir pada gudang ini membantu mengurangi sebagian aktivitas angkat manual, namun tetap memunculkan risiko lain seperti gerakan repetitif dan interaksi dengan peralatan kerja.

Pada gudang sortir ketiga, aktivitas operasional meliputi penerimaan paket dari kendaraan distribusi, pengangkatan dan pemindahan barang, penyortiran, *repacking*, penyusunan palet, serta input data paket ke sistem komputer. Penambahan aktivitas input data dan *repacking* menimbulkan potensi bahaya tambahan berupa posisi duduk berkepanjangan, gerakan tangan berulang, serta penanganan beban yang lebih berat pada proses penyusunan palet.

Sementara itu, gudang sortir keempat memulai aktivitas operasional dengan sesi briefing sebelum pekerjaan dimulai. Paket diterima dari kendaraan distribusi, dipindahkan menuju conveyor atau area sortir, dilakukan *repacking*, pengecekan label dan barcode, penyortiran berdasarkan kota tujuan, penyusunan paket pada palet atau keranjang, hingga pemindahan ke area *outbound*. Selain aktivitas utama tersebut, pekerja juga bertanggung jawab menjaga kebersihan dan kerapian area kerja sebagai bagian dari operasional harian. Kondisi ini menunjukkan bahwa selain risiko fisik dan ergonomi, pekerja juga terpapar pada tekanan kerja akibat tingginya aktivitas operasional yang berlangsung secara terus-menerus.

Selain identifikasi bahaya, penelitian ini juga mengamati pengendalian risiko yang telah diterapkan pada masing-masing gudang sortir. Pengendalian yang ditemukan meliputi penggunaan alat pelindung diri (APD), penerapan prosedur kerja sederhana, penggunaan conveyor, serta praktik *housekeeping* dasar. Namun demikian, berdasarkan hasil observasi dan wawancara, implementasi pengendalian tersebut belum dilakukan secara konsisten dan sistematis. Pada beberapa kondisi, prosedur kerja hanya disampaikan secara lisan oleh pengawas tanpa adanya dokumentasi tertulis yang jelas, sehingga berpotensi menimbulkan perbedaan praktik kerja antar pekerja. Selain itu, penggunaan APD juga belum sepenuhnya disesuaikan dengan potensi bahaya pada masing-masing aktivitas kerja.

Hasil identifikasi bahaya menggunakan pendekatan JHA kemudian dianalisis lebih lanjut melalui metode HIRADC. Ringkasan identifikasi bahaya, penilaian risiko, pengendalian eksisting, serta rekomendasi pengendalian tambahan ditampilkan di Tabel 4.

Tabel 1. Analisis HIRADC pada Aktivitas Penyortiran Barang di Operasional Gudang

No	Identifikasi Bahaya			Evaluasi Risiko			Pengendalian Risiko Tambahan		
	Aktivitas Kerja	Bahaya	Risiko	Pengendalian yang Ada (jika ada)	L	S	R	Tingkat Risiko	
1	Penerimaan paket	Tertimpa barang	Cedera kaki, cedera akibat benturan	SOP bongkar muat, penggunaan sepatu keselamatan	3	3	9	Sedang	Pemasangan lantai anti-slip, penerapan zona bongkar muat, kewajiban penggunaan

2	Pengangkatan dan pemindahan barang secara manual	Beban berat	Gangguan muskuloskeletal (MSDs), nyeri punggung	Prosedur manual handling	4	3	12	Sedang	sepatu keselamatan Penggunaan alat bantu angkat (trolley/hand pallet), pelatihan ergonomi, pembatasan beban angkat Pemasangan pelindung conveyor, jalur kerja yang jelas, rambu peringatan Penerapan rotasi kerja, desain stasiun kerja ergonomis, jadwal istirahat teratur Penggunaan <i>safety cutter</i> (otomatis tertutup), kewajiban penggunaan sarung tangan, pelatihan kerja aman Penggunaan mesin pembungkus palet otomatis, prosedur jarak aman, pelatihan Penggunaan alat bantu angkat (<i>forklift</i> /hand pallet), SOP pengangkatan tim (<i>team lifting</i>), <i>loading ramp</i> Pengaturan kursi dan monitor ergonomis, jadwal istirahat (aturan 20-20-20)
3	Pemindahan paket ke conveyor	Kontak dengan peralatan bergerak	Cedera ringan, anggota tubuh terjepit	Penggunaan sistem conveyor	3	3	9	Sedang	
4	Penyortiran paket	Gerakan repetitif	Kelelahan, gangguan muskuloskeletal (MSDs)	Pengaturan shift kerja	4	2	8	Sedang	
5	Repacking / pemotongan	Kontak dengan benda tajam	Luka sayat, cedera	Penggunaan sarung tangan, SOP penggunaan cutter	3	3	9	Sedang	
6	Penyusunan palet / pembungkusan	Tangan terjepit	Cedera tangan	Penggunaan alat pembungkus palet, posisi kerja aman	3	3	9	Sedang	
7	Pemuatan paket ke kendaraan	Pengangkatan beban berat, tertimpa barang	Cedera serius	SOP pemuatan barang	4	4	16	Tinggi	
8	Input data	Posisi duduk berkepanjangan	Ketegangan mata, gangguan muskuloskeletal (MSDs)	Tersedia workstation, waktu istirahat	3	2	6	Sedang	

9	Housekeeping	Area kerja tidak rapi	Terpeleset, tersandung, terjatuh	Praktik kebersihan area kerja, rambu keselamatan	2	2	4	Rendah	Penerapan sistem 5S, checklist inspeksi rutin
---	--------------	-----------------------	----------------------------------	--	---	---	---	--------	---

Proses penyortiran barang didominasi oleh risiko sedang (nilai 6–12), dengan risiko tertinggi (nilai 16/risiko tinggi) pada aktivitas pemuatan barang (*loading*) akibat beban manual, gerakan repetitif, dan tekanan distribusi. Sebaliknya, *housekeeping* berada pada risiko rendah (nilai 4), namun tetap berpotensi memicu risiko sekunder seperti tersandung. Secara umum, sumber risiko utama berasal dari *manual handling*, kerja repetitif, dan pola operasional gudang.

Keberadaan pengendalian seperti SOP atau APD tidak otomatis menurunkan risiko jika tidak diterapkan secara sistematis. Efektivitas K3 sangat dipengaruhi oleh konsistensi, pengawasan, komitmen manajemen, dan budaya keselamatan pekerja (Rahmi & Ramdhan, 2021; Bayram, 2022). Selain itu, kepatuhan yang hanya bersifat formalitas (*surface compliance*) terbukti masih memicu tingginya insiden kerja dibandingkan kepatuhan yang didasari komitmen kuat atau *deep compliance* (Hu et al., 2020).

Aktivitas *manual material handling* menjadi faktor dominan penyebab gangguan muskuloskeletal dan nyeri punggung bawah akibat akumulasi beban biomekanik (Klussmann et al., 2017; Robertson et al., 2021). Namun, penelitian ini menemukan bahwa risiko cedera tersebut diperkuat oleh faktor kelelahan (*fatigue*) akibat durasi kerja yang melebihi 8 jam mengikuti jadwal armada, yang memicu penurunan kewaspadaan dan kesalahan kerja (Fan & Smith, 2017; Wong et al., 2019).

Rekomendasi pengendalian risiko tambahan dalam penelitian ini belum diuji secara empiris di lapangan. Keberhasilan usulan intervensi ini masih memerlukan evaluasi dan pemantauan lanjutan karena sangat dipengaruhi oleh konsistensi penerapan, kondisi operasional, dan kepatuhan prosedur (International Organization for Standardization, 2018; Rahmi & Ramdhan, 2021).

Untuk aktivitas pemuatan (*loading*), direkomendasikan pengendalian rekayasa teknik (*engineering control*) seperti penggunaan *hand pallet*, *trolley*, *forklift*, *loading ramp*, serta prosedur *team lifting*. Metode ini dinilai lebih efektif dan berkelanjutan dibanding alat pelindung diri (APD) karena fokus mengurangi paparan bahaya langsung dari sumbernya, mengurangi beban biomekanik, memperbaiki postur tidak ergonomis, serta menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal dan gaya otot (Glock et al., 2021; Ahmad et al., 2025).

Sementara itu, aktivitas penyortiran barang berada pada risiko sedang (nilai 8) akibat gerakan repetitif dengan ritme cepat dan volume paket yang tinggi. Gerakan berulang terus-menerus tanpa waktu pemulihan yang cukup ini memicu akumulasi beban biomekanik, kelelahan otot, risiko cedera bahu/punggung, gangguan muskuloskeletal (MSDs) kronis, hingga *overuse injury* dalam jangka panjang (da Costa & Vieira, 2010; van der Beek et al., 2017; Stock et al., 2017; Sani & Widajati, 2021; Lamooki et al., 2022; Mueller et al., 2021).

Gerakan berulang, intensitas fisik tinggi, dan postur tidak ideal pada sektor logistik menyebabkan akumulasi beban biomekanik yang melebihi kapasitas pemulihan tubuh. Paparan kumulatif dari kombinasi pekerjaan *manual handling* dan gerakan repetitif ekstremitas atas ini secara signifikan meningkatkan risiko nyeri, gangguan jaringan lunak, serta *musculoskeletal disorders* (MSDs) (Stock et al., 2017; van der Beek et al., 2017; Holtermann et al., 2019).

Pada aktivitas *repacking*, terdapat risiko sedang (nilai 9) berupa luka akibat kontak alat potong yang berpotensi menyebabkan cedera tangan dan kehilangan waktu kerja (*lost time injury*). Aktivitas pengemasan dengan alat tajam berintensitas tinggi ini merupakan penyumbang utama cedera kerja (Tomba et al., 2021; Gulseren, 2022). Pengendalian rekayasa teknik berupa desain alat kerja yang lebih aman terbukti lebih efektif menurunkan risiko dibanding sekadar instruksi kerja atau perubahan perilaku (Dul & Neumann, 2009; Santos et al., 2025).

Aktivitas *housekeeping* memiliki risiko rendah terkait insiden terpeleset, tersandung, dan terjatuh (*slip, trip, and fall*) akibat penumpukan paket (*workplace clutter*). Meskipun rendah, kondisi lingkungan yang berantakan ini menghambat jalur kerja, mengurangi visibilitas, serta memperbesar risiko sekunder seperti mengganggu pemindahan barang dan memperlambat evakuasi darurat (Bell et al., 2013; Grieser, 2018; J. Li et al., 2019).

Secara praktis, hasil penelitian ini berimplikasi terhadap peningkatan aspek keselamatan kerja, operasional, dan produktivitas institusi. Identifikasi risiko dapat digunakan sebagai dasar evaluasi prosedur kerja, peningkatan kesadaran pekerja terhadap potensi bahaya, serta penyesuaian pengendalian pada aktivitas berisiko. Dalam jangka panjang, penerapan pengelolaan risiko K3 yang sistematis dapat mendukung penguatan budaya keselamatan kerja (*safety culture*), penurunan angka kecelakaan kerja, serta pengurangan kehilangan waktu kerja akibat cedera (Guldenmund, 2018; Harahap & Cahaya, 2025). Pendekatan berbasis risiko juga berpotensi meningkatkan efektivitas pengelolaan aktivitas operasional pada lingkungan logistik melalui pengendalian yang lebih terarah dan berbasis prioritas.

Temuan penelitian ini mengindikasikan perlunya integrasi manajemen risiko K3 ke dalam operasional gudang sortir secara lebih sistematis, khususnya pada aktivitas manual handling, pemuatan barang, dan proses penyortiran dengan intensitas kerja tinggi. Profil risiko yang

dihasilkan melalui identifikasi bahaya dan HIRADC dapat digunakan sebagai dasar penyusunan SOP berbasis aktivitas kerja, penentuan prioritas alat bantu kerja, serta penguatan pelatihan keselamatan kerja. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa identifikasi bahaya berbasis aktivitas aktual merupakan pendekatan penting untuk menghasilkan rekomendasi pengendalian yang lebih kontekstual dan aplikatif. Meskipun efektivitas pengendalian belum diuji secara langsung, penelitian ini memberikan kontribusi awal dalam pengembangan strategi pencegahan kecelakaan kerja dan gangguan muskuloskeletal pada sektor perdagangan dan logistik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko menggunakan metode Job Hazard Analysis (JHA) dan Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC), aktivitas penyortiran barang pada gudang sortir menunjukkan adanya potensi risiko yang didominasi oleh manual handling, gerakan repetitif, interaksi dengan peralatan kerja, serta pengaruh tingginya volume distribusi. Aktivitas dengan tingkat risiko tertinggi ditemukan pada proses pemuatan paket ke kendaraan distribusi (loading), sedangkan sebagian besar aktivitas lainnya berada pada kategori risiko sedang. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian yang ada belum sepenuhnya efektif apabila tidak diimplementasikan secara konsisten, sehingga diperlukan penguatan pengendalian berbasis teknik, administratif, ergonomi, dan budaya keselamatan kerja. Selain itu, penelitian ini menghasilkan profil risiko yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi serta penentuan prioritas pengendalian pada sektor logistik, dan penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan evaluasi kuantitatif ergonomi serta pengujian efektivitas intervensi secara langsung di lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih diberikan kepada pihak pengelola dan pekerja pada gudang sortir di wilayah Tangerang yang telah memberikan izin, akses observasi, serta informasi terkait aktivitas operasional sehingga proses identifikasi bahaya dan pengumpulan data dapat dilakukan dengan baik. Dukungan tersebut menjadi bagian penting dalam memperoleh gambaran kondisi kerja aktual pada aktivitas penyortiran barang.

Referensi

- Ahamad, N., Radin Umar, R. Z., Halim, I., & Safitri, D. M. (2025). Sheet Metal Manual Handling Aids: Effects of Design Differences on Muscle Activity and Subjective Assessment. *IIUM Engineering Journal*, 26(1), 480–494. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v26i1.3397>
- Ajslev, J. Z. N., Møller, J. L., Andersen, M. F., Pirzadeh, P., & Lingard, H. (2022). The Hierarchy of Controls as an Approach to Visualize the Impact of Occupational Safety and Health Coordination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2731. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052731>
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
- Azady, A. A. A., Widowati, E., & Rahayu, S. R. (2018). Penggunaan Job Hazard Analysis dalam Identifikasi Risiko Keselamatan Kerja pada Pengrajin Logam. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 2(4), 510–519. <https://doi.org/10.15294/higeia.v2i4.23564>
- Badri, A., Boudreau-Trudel, B., & Souissi, A. S. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety Science*, 109, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>
- Battini, D., Glock, C. H., Grosse, E. H., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2017). Ergo-lot-sizing: An approach to integrate ergonomic and economic objectives in manual materials handling. *International Journal of Production Economics*, 185, 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.01.010>
- Bayram, M. (2022). Factors affecting employee safety productivity: an empirical study in an OHSAS 18001-certified organization. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 139–152. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1739892>
- Bell, J. L., Collins, J. W., Tiesman, H. M., Ridenour, M., Konda, S., Wolf, L., & Evanoff, B. (2013). Slip, Trip, and Fall Injuries among Nursing Care Facility Workers. *Workplace Health & Safety*, 61(4), 147–152. <https://doi.org/10.1177/216507991306100402>
- College, P. A., & Bass, E. J. (2020). Enhancing Safety in the Security and Alarm Monitoring Industry: A Case Study in the Development of Job Hazard Analyses. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 64(1), 1671–1675. <https://doi.org/10.1177/1071181320641406>
- da Costa, B. R., & Vieira, E. R. (2010). Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a systematic review of recent longitudinal studies. *American Journal of Industrial Medicine*, 53(3), 285–323. <https://doi.org/10.1002/ajim.20750>
- Dul, J., & Neumann, W. P. (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*, 40(4), 745–752. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.07.001>
- Fan, J., & Smith, A. P. (2017). The Impact of Workload and Fatigue on Performance. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61061-0_6
- Fatihah, S., & Widya Astuti, C. (2024). Penggunaan Metode HIRADC untuk Analisis Bahaya dan Penilaian Risiko di Ruang Tindakan Gawat Darurat UPTD Puskesmas Bulu Lor Semarang Utara. *Journal Occupational Health Hygiene and Safety*, 2(2), 300–313. <https://doi.org/10.60074/johhs.v2i2.11773>
- Firman Syah, M., & Dahda, S. S. (2026). Analisis Risiko Potensi Kecelakaan Kerja pada Pemasangan Pipa Jalur Distribusi N2 di PT. XYZ Menggunakan Metode HIRADC dan RCA 5 Whys. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 9(1), 158–167. <https://doi.org/10.31539/20jges11>
- Glock, C. H., Grosse, E. H., Neumann, W. P., & Feldman, A. (2021). Assistive devices for manual materials handling in warehouses: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(11), 3446–3469. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1853845>
- Grieser, B. C. (2018). Study of Employee Slip/Trip/Fall Hazards at a Midwestern Urban Hospital Campus. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 62(1), 426–429. <https://doi.org/10.1177/1541931218621097>
- Guldenmund, F. W. (2018). Understanding Safety Culture Through Models and Metaphors.

- Gulseren, D. (2022). Physical hazards, musculoskeletal pain, and job control: Multilevel results from the European Social Survey. *Safety Science*, 156, 105901. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105901>
- Harahap, A. S., & Cahaya, Y. F. (2025). Literature Review of Factors Affecting Occupational Safety Culture. *Dinasti International Journal of Management Science*, 6(4), 1108–1119. <https://doi.org/10.38035/dijms.v6i4.4397>
- Holtermann, A., Mathiassen, S. E., & Straker, L. (2019). Promoting health and physical capacity during productive work: the Goldilocks Principle. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 45(1), 90–97. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3754>
- Hu, X., Yeo, G., & Griffin, M. (2020). More to safety compliance than meets the eye: Differentiating deep compliance from surface compliance. *Safety Science*, 130, 104852. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104852>
- International Labour Organization. (2021). *Occupational Safety and Health Management System: A Tool for Continual Improvement*. International Labour Organization.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems — Requirements with Guidance for Use*. ISO.
- Klussmann, A., Liebers, F., Gebhardt, H., Rieger, M. A., Latza, U., & Steinberg, U. (2017). Risk assessment of manual handling operations at work with the key indicator method (KIM-MHO). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(1), 184. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1542-0>
- Lamooki, S. R., Cavuoto, L. A., & Kang, J. (2022). Adjustments in Shoulder and Back Kinematics during Repetitive Palletizing Tasks. *Sensors*, 22(15), 5655. <https://doi.org/10.3390/s22155655>
- Li, J., Goerlandt, F., & Li, K. W. (2019). Slip and Fall Incidents at Work: A Visual Analytics Analysis of the Research Domain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 4972. <https://doi.org/10.3390/ijerph16244972>
- Loske, D., Klumpp, M., Keil, M., & Neukirchen, T. (2021). Logistics Work, Ergonomics and Social Sustainability: Empirical Musculoskeletal System Strain Assessment in Retail Intralogistics. *Logistics*, 5(4), 89. <https://doi.org/10.3390/logistics5040089>
- Mohamad Nur Yorisyah, Andivas, M., Kisanjani, A., & Ismail Kurnia, W. (2025). Identifikasi Tingkat Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC. *Jurnal Surya Teknik*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.37859/jst.v12i1.8244>
- Mueller, C., Sauter, M., Barthelme, J., & Liebers, F. (2021). The association between manual handling operations and pain in the hands and arms. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1), 644. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04495-z>
- Nisa, I. C. (2025). Identifikasi Risiko Kecelakaan Kerja dalam Proses Produksi Tahu Menggunakan Metode HIRADC di Sentra Industri Kecil Sumber Balikpapan. *Journal of Industrial Innovation and Safety Engineering*, 2(2), 50–59.
- Novianti, F., & Windriya, A. (2023). Hazard Analysis of Occupational Health and Safety (OHS) Using The JSA (Job Safety Analysis) Method in Grey Weaving 2 Warehouse PT XYZ. *Asian Journal of Logistics Management*, 2(1), 33–47. <https://doi.org/10.14710/ajlm.2023.19038>
- Oakman, J., Neupane, S., Proper, K. I., Kinsman, N., & Nygård, C.-H. (2017). Workplace interventions to improve work ability: A systematic review and meta-analysis of their effectiveness. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3685>
- Perotti, S., Bastidas Santacruz, R. F., Bremer, P., & Beer, J. E. (2022). Logistics 4.0 in warehousing: a conceptual framework of influencing factors, benefits and barriers. *The International Journal of Logistics Management*, 33(5), 193–220. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2022-0068>
- Prastowo, T. Y., Rahmadika Luthfi Manaf Imsarif, D., Sanjaya, D., & Taryana, N. (2024). Risk Analysis of Occupational Safety and Health (K3) Using the HIRADC Method on Chiller Replacement Works. *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 9(2), 171–178. <https://doi.org/10.30736/cvl.v9i2.1266>
- Priambudi, J. A., Puspasari, V. H., Nuswantoro, W., & Purwantoro, A. (2023). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan HIRADC. *Jurnal Civil Engineering Study*, 3(02), 105–114. <https://doi.org/10.34001/ces.v3i02.778>

- Rahmi, A., & Ramdhan, D. H. (2021). Factors Affecting the Effectiveness of the Implementation of Application OHSMS: A Systematic Literature Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1933(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1933/1/012021>
- Rinkenauer, G., Reiser, J. E., Renker, J., & Kretschmer, V. (2021). Intralogistik im Zeitalter des digitalen Wandels. *Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft*, 75(3), 266–281. <https://doi.org/10.1007/s41449-021-00285-4>
- Robertson, J., Jayne, C., & Oakman, J. (2021). Work-related musculoskeletal and mental health disorders. *Safety Science*, 138, 105098. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105098>
- Ryu, G., Jung, I., Han, M., Ju, H., Jung, Y., Jeong, S., Kim, S., & Bahn, S. (2023). Risk factors of musculoskeletal disorders in loading and unloading tasks of couriers. *Work*, 76(1), 135–145. <https://doi.org/10.3233/WOR-220116>
- Sani, N. T., & Widajati, N. (2021). The Correlation of Work Duration and Physical Workload with the Complaints of Musculoskeletal Disorders in Informal Workers. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 10(1), 79–87. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v10i1.2021.79-87>
- Santos, W., Rojas, C., Isidoro, R., Lorente, A., Dias, A., Mariscal, G., Benlloch, M., & Lorente, R. (2025). Efficacy of Ergonomic Interventions on Work-Related Musculoskeletal Pain. *Journal of Clinical Medicine*, 14(9), 3034. <https://doi.org/10.3390/jcm14093034>
- Sjarifudin, D., Kurnia, H., Nuryono, A., & Tambunan, E. B. M. (2023). Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) Method for Shoe Cutting Dies Production. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 25(2), 322–333. <https://doi.org/10.32734/jsti.v25i2.12186>
- Stock, S. R., Nicolakakis, N., Vézina, N., Vézina, M., Gilbert, L., Turcot, A., Sultan-Taïeb, H., Sinden, K., Denis, M.-A., Delga, C., & Beaucage, C. (2017). Are work organization interventions effective in preventing or reducing work-related musculoskeletal disorders? *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3696>
- Tchiehe, D. N., & Gauthier, F. (2017). Classification of risk acceptability and risk tolerability factors in occupational health and safety. *Safety Science*, 92, 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.003>
- Tompa, E., Mofidi, A., van den Heuvel, S., van Bree, T., Michaelsen, F., Jung, Y., Porsch, L., & van Emmerik, M. (2021). Economic burden of work injuries and diseases. *BMC Public Health*, 21(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-10050-7>
- van der Beek, A. J., Dennerlein, J. T., Huysmans, M. A., Mathiassen, S. E., Burdorf, A., van Mechelen, W., van Dieën, J. H., Frings-Dresen, M. H., Holtermann, A., Janwantanakul, P., van der Molen, H., Rempel, D., Straker, L., Walker-Bone, K., & Coenen, P. (2017). A research framework for the development and implementation of interventions preventing work-related musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3671>
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Work Characteristics in Logistics 4.0: Conceptualization of a qualitative assessment in order picking. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 10609–10614. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2816>
- Wong, K., Chan, A. H. S., & Ngan, S. C. (2019). The Effect of Long Working Hours and Overtime on Occupational Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2102. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122102>