
ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) AKIBAT PAPARAN DEBU TEPUNG PADA LINI PROSES *MIXING* INDUSTRI BISKUIT MENGGUNAKAN PENDEKATAN HIRARC DAN FMEA (STUDI KASUS PT XYZ)

Ade Purnama¹, Abimanyu², Rakay Edhiargo Toyosito³

Universitas Tangerang Raya, Tangerang

e-mail: poernamajrc.ap@gmail.com¹, abimanyu@untara.ac.id²,
rakaytoyosito@untara.ac.id³

Abstract: *Flour dust exposure in the mixing process of the biscuit manufacturing industry is a significant occupational hazard that may lead to occupational diseases and workplace accidents if not effectively controlled. This study aims to identify occupational safety and health (OSH) hazards, analyze the level of risk associated with flour dust exposure, prioritize risks using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method, and develop risk control recommendations for the mixing area at PT X. The study employed a mixed-methods approach with a case study design. Data were collected through field observations, semi-structured interviews, flour dust concentration measurements, documentation, and company document reviews. Risk analysis was conducted using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) method, while improvement priorities were determined using the Risk Priority Number (RPN) derived from FMEA. The results revealed that flour bag opening, raw material loading into the mixer, and the mixing process were the primary sources of flour dust exposure with the highest risk levels. HIRARC identified four high-risk activities and three medium-risk activities. FMEA analysis indicated that inadequate ventilation, workers' exposure to flour dust, and non-compliance with personal protective equipment (PPE) use had the highest RPN values, making them the top priorities for risk control. Recommended control measures include optimizing local exhaust ventilation (LEV), improving the effectiveness of the dust collector system, strengthening administrative controls, providing regular OSH training, and increasing compliance with the use of N95 respirators. These findings are expected to serve as a reference for implementing OSH risk management in the food manufacturing industry.*

Keyword: *occupational safety and health, flour dust exposure, HIRARC, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), mixed methods, biscuit manufacturing industry.*

Abstrak: Paparan debu tepung pada lini proses *mixing* industri biskuit merupakan salah satu sumber bahaya yang berpotensi menyebabkan penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja apabila tidak dikendalikan secara efektif. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3), menganalisis tingkat risiko paparan debu tepung, menentukan prioritas risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), serta menyusun rekomendasi pengendalian risiko pada area *mixing* PT X. Penelitian menggunakan pendekatan *mixed methods* dengan desain studi kasus. Data diperoleh melalui observasi, wawancara semi-terstruktur, pengukuran konsentrasi debu, dokumentasi, dan telaah dokumen perusahaan. Analisis risiko dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC), sedangkan prioritas perbaikan ditentukan melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada metode FMEA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pembukaan karung tepung, penuangan bahan baku ke dalam *mixer*, dan proses *mixing* merupakan sumber paparan debu dengan tingkat risiko tertinggi. HIRARC mengidentifikasi empat aktivitas berisiko tinggi dan tiga aktivitas berisiko sedang. Analisis FMEA menunjukkan bahwa ventilasi yang belum optimal, paparan debu

terhadap pekerja, dan ketidakpatuhan penggunaan alat pelindung diri memiliki nilai RPN tertinggi. Rekomendasi pengendalian meliputi optimalisasi *local exhaust ventilation* (LEV), peningkatan efektivitas *dust collector*, penguatan pengendalian administratif, pelatihan K3 secara berkala, serta peningkatan kepatuhan penggunaan respirator N95. Temuan ini diharapkan menjadi acuan dalam penerapan manajemen risiko K3 pada industri makanan.

Kata kunci: keselamatan dan kesehatan kerja, debu tepung, HIRARC, FMEA, *mixed methods*, industri biskuit.

PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan upaya sistematis untuk melindungi pekerja dari risiko kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja melalui pengendalian bahaya yang terdapat di lingkungan kerja (Kholifah & Dinariana, 2026). Menurut International Labour Organization (ILO, 2023), penerapan K3 bertujuan menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan produktif sehingga mampu meningkatkan kesejahteraan pekerja sekaligus mendukung keberlangsungan operasional perusahaan. Dalam konteks industri manufaktur, khususnya industri makanan, penerapan K3 menjadi sangat penting karena proses produksi melibatkan berbagai sumber bahaya fisik, kimia, biologis, ergonomi, maupun mekanik yang berpotensi menimbulkan kerugian bagi pekerja maupun perusahaan (Pratama & Nugroho, 2023).

Bahaya (*hazard*) didefinisikan sebagai segala sesuatu yang memiliki potensi menyebabkan cedera, gangguan kesehatan, kerusakan aset, atau pencemaran lingkungan, sedangkan risiko (*risk*) merupakan kombinasi antara kemungkinan terjadinya suatu kejadian berbahaya dengan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkannya sebagaimana dijelaskan dalam ISO 45001:2018 (Saragih, 2023). Oleh karena itu, setiap aktivitas kerja perlu dilakukan identifikasi bahaya dan penilaian risiko agar perusahaan dapat menentukan tindakan pengendalian yang tepat sebelum risiko berkembang menjadi kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja.

Salah satu bahaya yang sering ditemukan pada industri makanan adalah paparan debu tepung. Debu tepung merupakan partikel padat berukuran sangat kecil yang dapat terdispersi di udara selama proses pembukaan karung bahan baku, penimbangan, penuangan ke dalam *mixer*, hingga proses pencampuran (*mixing*). Menurut National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), paparan debu organik secara terus-menerus dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan seperti iritasi saluran napas, rinitis alergi, bronkitis, hingga *occupational asthma* (Rumchey et al, 2021). Risiko tersebut akan meningkat apabila sistem ventilasi, *dust collector*, maupun penggunaan alat pelindung diri belum berjalan secara optimal.

Dalam sistem manajemen keselamatan modern, identifikasi bahaya dan pengendalian risiko dilakukan secara sistematis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) (Pramudya et al, 2025). Metode ini terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian tingkat risiko (*risk assessment*), dan penentuan tindakan pengendalian (*risk control*). HIRARC menjadi salah satu metode yang banyak diterapkan karena mampu memberikan gambaran tingkat risiko pada setiap aktivitas kerja sehingga perusahaan dapat menentukan prioritas pengendalian secara objektif (Sari & Wijaksana, 2024).

Untuk meningkatkan efektivitas penentuan prioritas perbaikan, penelitian ini juga menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) (Stamatis, 2022). FMEA merupakan

metode analisis preventif yang mengidentifikasi kemungkinan kegagalan (*failure mode*), penyebab kegagalan, serta dampaknya terhadap proses kerja (Trevisan et al, 2020). Prioritas perbaikan ditentukan melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), yaitu hasil perkalian antara *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi pula prioritas pengendalian yang harus dilakukan.

Pengendalian risiko dalam K3 mengacu pada Hierarchy of Controls, yang menempatkan eliminasi sebagai pengendalian paling efektif, diikuti substitusi, rekayasa teknik (*engineering controls*), pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri sebagai lapisan terakhir. Pada industri pengolahan tepung, rekayasa teknik seperti *local exhaust ventilation* (LEV) dan *dust collector* menjadi pengendalian utama untuk mengurangi konsentrasi debu di udara, sedangkan penggunaan respirator N95 berfungsi sebagai perlindungan tambahan bagi pekerja.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods dengan desain studi kasus untuk menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) akibat paparan debu tepung pada lini proses *mixing* di PT XYZ. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai tingkat risiko serta menentukan prioritas pengendalian, sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi lingkungan kerja, perilaku pekerja, dan implementasi pengendalian K3. Penelitian dilaksanakan pada area *mixing* yang meliputi aktivitas pembukaan karung tepung, penimbangan bahan baku, penuangan ke dalam *mixer*, proses pencampuran, dan pembersihan area kerja.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses kerja,

wawancara semi-terstruktur dengan operator produksi, kepala unit produksi, teknisi, dan petugas K3, serta pengukuran konsentrasi debu tepung di beberapa titik kerja menggunakan alat ukur debu sesuai prosedur perusahaan. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan, seperti standar operasional prosedur (SOP), laporan inspeksi K3, hasil pengukuran lingkungan kerja, serta dokumen pendukung lainnya.

Analisis risiko dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC), yang mencakup identifikasi potensi bahaya, penilaian tingkat risiko berdasarkan tingkat keparahan (*severity*) dan kemungkinan kejadian (*likelihood*), serta penentuan tindakan pengendalian sesuai hierarki pengendalian risiko. Selanjutnya, prioritas perbaikan ditentukan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) melalui identifikasi *failure mode*, penyebab kegagalan, dampak yang ditimbulkan, serta perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Hasil analisis HIRARC dan FMEA kemudian diintegrasikan untuk menyusun rekomendasi pengendalian yang difokuskan pada pengurangan paparan debu tepung melalui penerapan rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan peningkatan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri sesuai prinsip *Hierarchy of Controls*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi menunjukkan bahwa area *mixing* merupakan lokasi dengan potensi paparan debu tepung paling tinggi dibandingkan area produksi lainnya. Aktivitas pembukaan karung tepung, penuangan bahan baku ke dalam *mixer*, proses pencampuran, serta pembersihan area kerja menghasilkan debu yang mudah terdispersi ke udara sehingga meningkatkan peluang pekerja menghirup partikel debu selama proses

produksi berlangsung. Kondisi tersebut diperkuat oleh hasil pengukuran konsentrasi debu yang menunjukkan bahwa titik pengambilan sampel pada

area penuangan tepung memiliki konsentrasi tertinggi dibandingkan titik pengukuran lainnya.

Tabel 1 Tabel Hasil Pengukuran Konsentrasi Debu

Titik	Lokasi	Hasil (mg/m ³)	NAB (mg/m ³)	Status
T1	Gudang Bahan Baku	2,3	10	Aman
T2	<i>Weighing Area</i>	6,8	10	Aman
T3	Pembukaan Karung	9,7	10	Mendekati NAB
T4	Penuangan Tepung	11,5	10	Melebihi NAB
T5	<i>Mixing Area</i>	10,8	10	Melebihi NAB
T6	Transfer Material	7,4	10	Aman
T7	<i>Dough Preparation</i>	4,9	10	Aman
T8	<i>Packaging</i>	2,1	10	Aman

Selain hasil pengukuran lingkungan kerja, penelitian juga mengidentifikasi keluhan kesehatan yang dialami pekerja akibat paparan debu. Keluhan yang paling sering dilaporkan meliputi bersin, batuk, tenggorokan kering, iritasi mata, dan hidung tersumbat. Hasil wawancara menunjukkan bahwa keluhan tersebut umumnya muncul ketika proses penuangan tepung berlangsung dan intensitas debu meningkat. Temuan ini menunjukkan adanya hubungan antara tingginya paparan debu dengan gangguan kesehatan ringan yang dialami pekerja, sehingga pengendalian paparan perlu

menjadi prioritas dalam penerapan keselamatan dan kesehatan kerja.

Analisis risiko menggunakan metode HIRARC menunjukkan bahwa seluruh aktivitas pada area *mixing* memiliki tingkat risiko yang berbeda. Aktivitas pembukaan karung tepung, penuangan bahan baku ke dalam *mixer*, proses *mixing*, dan pembersihan area dikategorikan sebagai aktivitas dengan tingkat risiko tinggi, sedangkan aktivitas lainnya berada pada kategori risiko sedang. Penilaian tersebut didasarkan pada kombinasi tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) dari setiap potensi bahaya.

Tabel 2 Tabel ringkasan HIRARC

No.	Aktivitas	L	S	R	Kategori Risiko	Keterangan / Rekomendasi
1	Membuka karung tepung	4	4	16	Tinggi	Prioritas utama penanganan
2	Mengangkat karung	3	5	15	Tinggi	Prioritas utama penanganan
3	Menuang tepung ke mixer	4	5	20	Tinggi	Prioritas utama penanganan
4	Membersihkan mixer	3	4	12	Sedang	Perlu perbaikan
5	Operasi mixer	2	5	10	Sedang	Perlu perbaikan
6	Area lantai berdebu	3	4	12	Sedang	Perlu perbaikan
7	Kebisingan mesin	4	4	16	Tinggi	Prioritas utama penanganan

Tabel ringkasan HIRARC memuat aktivitas kerja, potensi bahaya, tingkat risiko, dan kategori risiko.

Hasil HIRARC menunjukkan bahwa paparan debu tepung merupakan bahaya dominan pada area *mixing*. Kondisi ini dipengaruhi oleh penggunaan bahan baku tepung dalam jumlah besar,

sistem ventilasi yang belum optimal, serta masih ditemukannya ketidakpatuhan penggunaan alat pelindung diri oleh sebagian pekerja. Berdasarkan prinsip HIRARC, risiko dengan kategori tinggi harus menjadi prioritas utama pengendalian agar kemungkinan

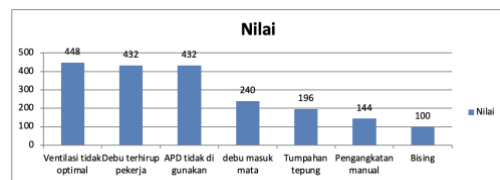
terjadinya penyakit akibat kerja dapat diminimalkan.

Prioritas pengendalian kemudian dianalisis menggunakan metode FMEA. Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan bahwa ventilasi

yang belum optimal, paparan debu terhadap pekerja, dan ketidakpatuhan penggunaan respirator memiliki nilai RPN tertinggi sehingga menjadi *failure mode* yang harus segera diperbaiki.

Tabel 3 Hasil FMEA

Bagian (Section)	Failure Mode	Effect	S	Cause	O	Deteksi yang telah dilakukan	D	RPN
Proses pengolahan	Ventilasi tidak optimal	Kualitas udara buruk, risiko kesehatan	8	Sistem ventilasi tidak memadai	8	Pemeriksaan rutin	7	448
	Debu terhirup pekerja	Gangguan pernapasan	8	Debu beterbangan tanpa kontrol	9	Monitoring udara	6	432
	APD tidak digunakan	Cedera atau paparan bahaya	9	Kurang kesadaran / pelatihan	8	Pengawasan supervisor	6	432
	Debu masuk mata	Iritasi mata	6	Tidak ada pelindung mata	8	Inspeksi area kerja	5	240
	Tumpahan tepung	Kehilangan material, licin	7	Penanganan yang kurang hati-hati	7	Prosedur cleaning	4	196
	Pengangkatan manual	Cedera punggung	6	Beban berat tanpa alat bantu	6	Pelatihan manual handling	4	144
	Kebisingan	Gangguan pendengaran	5	Mesin beroperasi tanpa peredam	5	Pengukuran noise level	4	100



Gambar 1 Grafik Nilai RPN

Berdasarkan hasil FMEA, ventilasi yang belum optimal menjadi penyebab utama tingginya paparan debu karena partikel tepung masih terakumulasi di udara selama proses produksi berlangsung. Selain itu, penggunaan respirator yang belum konsisten menyebabkan efektivitas pengendalian administratif dan penggunaan alat pelindung diri belum maksimal. Temuan ini menunjukkan bahwa pengendalian yang telah diterapkan perusahaan masih memerlukan peningkatan, khususnya pada aspek rekayasa teknik (*engineering control*).

Hasil penelitian ini sejalan dengan konsep *Hierarchy of Controls* yang

menempatkan rekayasa teknik sebagai pengendalian yang lebih efektif dibandingkan pengendalian administratif maupun penggunaan alat pelindung diri. Oleh karena itu, peningkatan kinerja *Local Exhaust Ventilation* (LEV) dan sistem *dust collector* menjadi rekomendasi utama untuk menurunkan konsentrasi debu di area kerja sebelum paparan mencapai pekerja. Penggunaan respirator N95 tetap diperlukan sebagai lapisan perlindungan tambahan apabila paparan belum dapat dieliminasi sepenuhnya.

Temuan penelitian juga mendukung penerapan ISO 45001:2018 yang menekankan pentingnya identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko secara sistematis. Integrasi metode HIRARC dan FMEA memberikan hasil yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan satu metode saja. HIRARC mampu mengidentifikasi tingkat risiko pada

setiap aktivitas kerja, sedangkan FMEA memberikan dasar objektif dalam menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN.

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Gunawan dan Sena (2024), Matos dan Cardoso (2024), serta Enitan et al. (2023), yang menyatakan bahwa proses penanganan bahan baku berbentuk serbuk memiliki risiko tinggi terhadap paparan debu dan memerlukan kombinasi pengendalian rekayasa teknik, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri. Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa risiko paparan debu merupakan permasalahan yang umum terjadi pada industri pengolahan pangan sehingga memerlukan pendekatan pengendalian yang berkelanjutan.

Tabel 4 Rekomendasi Pengendalian

No	Hierarchy of Control	Usulan Pengendalian	Keterangan
1	Eliminasi	Mengurangi paparan proses manual	Mengurangi paparan langsung
2	Substitusi	Sistem transfer tertutup	Mengganti metode terbuka
3	Rekayasa Teknik	LEV dan <i>Dust Collector</i>	Teknik pengendalian rekayasa
4	Adminis	SOP, Pelatihan, Prosedur dan Rotasi Kerja	manajemen kerja
5	APD	Respirator N95 dan Goggles	Pengendalian terakhir

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa integrasi metode HIRARC dan FMEA efektif dalam mengidentifikasi potensi bahaya sekaligus menentukan prioritas pengendalian risiko pada area *mixing*. Pendekatan ini memberikan dasar yang lebih objektif dalam penyusunan strategi pengendalian K3 serta dapat menjadi acuan bagi perusahaan untuk meningkatkan perlindungan kesehatan pekerja melalui optimalisasi sistem ventilasi, peningkatan efektivitas *dust*

collector, penguatan pengendalian administratif, dan peningkatan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi potensi bahaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) akibat paparan debu tepung pada lini proses *mixing* di PT XYZ melalui penerapan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) dan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pembukaan karung tepung, penuangan bahan baku ke dalam *hopper*, proses *mixing*, dan pemindahan material merupakan sumber bahaya utama yang menghasilkan tingkat paparan debu tertinggi. Analisis HIRARC mengidentifikasi beberapa aktivitas dengan kategori risiko tinggi yang memerlukan tindakan pengendalian segera, sedangkan analisis FMEA menunjukkan bahwa ventilasi yang belum optimal, paparan debu terhadap pekerja, dan ketidakpatuhan penggunaan alat pelindung diri merupakan prioritas utama berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi HIRARC dan FMEA mampu memberikan penilaian risiko yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan salah satu metode secara terpisah.

Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi pengendalian risiko disusun mengacu pada prinsip *Hierarchy of Controls*, dengan memprioritaskan pengendalian teknik melalui optimalisasi *Local Exhaust Ventilation* (LEV), peningkatan efektivitas *dust collector*, serta perbaikan tata letak proses produksi untuk mengurangi penyebaran debu. Pengendalian tersebut didukung oleh penguatan pengendalian administratif melalui penyusunan SOP, pelatihan K3, inspeksi rutin, program *housekeeping*, dan peningkatan kepatuhan penggunaan respirator N95 sebagai lapisan perlindungan terakhir. Penerapan

rekomendasi tersebut diharapkan dapat menurunkan tingkat paparan debu tepung, meningkatkan perlindungan kesehatan pekerja, serta menjadi acuan bagi perusahaan dalam memperkuat implementasi manajemen risiko K3 pada industri pengolahan makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aven, T. (2021). *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.2021.03.023>
- BPJS Ketenagakerjaan. (2024). *Data statistik kecelakaan kerja Indonesia*. <https://www.bpjsketenagakerjaan.go.id>
- Brauer, R. L. (2022). *Safety and health for engineers* (4th ed.). Wiley. <https://www.wiley.com>
- Dicinta, M., & Apriani, E. (2026). Occupational Health and Safety Risk Analysis of Operators at XYZ Gas Station Using HIRARC and FMEA. *Journal of Industrial Engineering and Technology*, 6(2), 166-181.
- DOSH Malaysia. (2022). *Guidelines for HIRARC*. <https://www.dosh.gov.my>
- Eker, H. (2024). Natural language processing risk assessment application developed for marble quarries. *Applied Sciences*, 14(19), 9045. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/19/9045>
- Elghazally, S. A., Zayet, H. H., Elkholy, M. M., & Alkarn, A. A. (2023). Assessment of respiratory health status of workers in flour mills of Assiut. *The Egyptian Journal of Bronchology*, 17(32). <https://doi.org/10.1186/s43168-023-00206-5>
- Enitan, S. S., Osakue, O. E., Adejumo, E. N., Olusanya, T. O., Ileoma, E. O., Enitan, C. B., & Ogbonna, N. I. (2023). Occupational exposure to flour dust among bakery workers: Prevalence, potential hazards and promising interventions. *Toxicology Advances*, 5(4). <https://doi.org/10.53388/TA202305019>
- Giovanni, A., Fathimahhayati, L. D., & Pawitra, T. (2023). Risk Analysis of Occupational Health and Safety Using HIRARC Method (Case Study in PT Barokah Galangan Perkasa). *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v4i2.20398>
- Goetsch, D. L. (2021). *Occupational safety and health for technologists, engineers, and managers* (10th ed.). Pearson.
- Health and Safety Executive. (2023). *Flour dust and respiratory risks in bakeries and food manufacturing industries*. HSE. <https://www.hse.gov.uk/food/flour-dust.htm>
- Hopkin, P. (2022). *Fundamentals of risk management* (6th ed.). Kogan Page. <https://www.koganpage.com>
- Huotari, R., Salonen, A. S., & Lainio, A. (2026). Ozan Nadir Alakavuklar. Organizing Food, Faith and Freedom – Imagining Alternatives. *Diakoniana tutkimus*. <https://doi.org/10.37448/dt.176859>
- ILO. (2023). *Safety and health at work*. <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work>
- International Labour Organization. (2023). *A call for safer and healthier working environments*. <https://www.ilo.org>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use*. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- ISO. (2018). *ISO 31000:2018 Risk management—Guidelines*.
- ISO. (2018). *ISO 45001:2018*

- Occupational health and safety management systems.* <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Karjalainen, A., Leppänen, M., Ruokolainen, J., Hyttinen, M. M., et al. (2021). Controlling flour dust exposure by an intervention focused on working methods in Finnish bakeries: A case study in two bakeries. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1943867>
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2024). *Kinerja industri makanan dan minuman nasional*. <https://kemenperin.go.id>
- Kholifah, S., & Dinariana, D. (2026). Evaluasi Risiko K3 Pekerjaan Struktur The Arumaya Office dengan HIRARC-FMEA. *Menara: Jurnal Arsitektur dan Teknik Sipil*, 13(1), 11-18.
- Kurniawan, D., & Setiafindari, W. (2024). Analisis risiko bahaya keselamatan dan kesehatan kerja dengan menggunakan metode HIRARC dan FMEA pada proses finishing. *Jurnal Rekayasa Proses dan Industri Terapan*. <https://doi.org/10.59061/repit.v1i3.361>
- Matos, M., & Cardoso, R. (2024). Evaluation of occupational exposure to flour dust and additives in a milling industry. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*. https://doi.org/10.24840/2184-0954_008.003_002080
- Nisa, U. K. (2020). *Pengaruh hubungan Technology Accepted Model (TAM), social influence dan security terhadap intention to use e-wallet di Kota Malang dengan attitude dan trust sebagai variabel intervening* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Novtantino, B. (2022). Work Safety Risk Analysis Using Hirarc Method In Iron Production Area PT. Java Rakindo. *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan dan Kemasyarakatan*. <https://doi.org/10.35931/aq.v16i5.1191>
- Nurkhoirini, R., Jayanti, A., Zhannisa, U. H., & Wibisana, M. I. N. (2024). Implementasi Kurikulum Merdeka dengan Pendekatan Teaching at the Right Level (TaRL) dalam Proses Pembelajaran PJOK. *JURNAL PENDIDIKAN OLAHRAGA*. <https://doi.org/10.37630/jpo.v14i4.1862>
- Nurkhoirini, R., Jayanti, A., Zhannisa, U. H., & Wibisana, M. I. N. (2024). Implementasi Kurikulum Merdeka dengan Pendekatan Teaching at the Right Level (TaRL) dalam Proses Pembelajaran PJOK. *JURNAL PENDIDIKAN OLAHRAGA*. <https://doi.org/10.37630/jpo.v14i4.1862>
- Pawenrusi, E., Syatriani, S., & Fajrina, A. I. (2025). Analysis of Occupational Health and Safety Risk Management: Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control-HIRARC for Workers at Health Quarantine Offices in Makassar, Indonesia. *International Journal of Statistics in Medical Research*. <https://doi.org/10.6000/1929-6029.2025.14.19>
- Pramudya, I., Andesta, D., & Hidayat, H. (2022). Safety Application and Health Work (K3) At Department of CNC Lathe Using Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Method (Case Study of PT. Swadaya Graha). *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*. <https://doi.org/10.37385/jaets.v4i1.1114>
- Pratama, A., & Nugroho, S. (2023). Analisis Risiko K3 Menggunakan Metode HIRARC pada Industri Pangan. *Jurnal Teknik Industri*,

- 24(2), 115–126.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2021). *The Six Sigma handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Rahman, M., Abdullah, N., & Ismail, R. (2022). Occupational dust exposure and respiratory symptoms among flour processing workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9456.
- Ramli, S. (2022). *Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja OHSAS/ISO 45001*. Dian Rakyat.
- Raulf, M., Sander, I., & Zahradnik, E. (2025). Legumes in bread baking: A hidden risk for an IgE-mediated inhalant allergy. *Allergologie Select*, 9, 58–65. <https://doi.org/10.5414/ALX02581E>
- Raulf, M., Sander, I., Zahradnik, E., & Brüning, T. (2025). Legumes in bread baking: A hidden risk for an IgE-mediated inhalant allergy. *Allergologie Select*, 9, 58–65. <https://doi.org/10.5414/ALX02581E>
- Sari, D., Putra, H., & Wijaksana, B. (2024). Integrasi HIRARC dan FMEA untuk Prioritas Pengendalian Risiko pada Industri Manufaktur. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 13(1), 45–58.
- Siregar, R., Putra, A., & Hartono, D. (2022). Analisis risiko keselamatan kerja menggunakan metode HIRARC pada industri pengolahan pangan. *Jurnal Teknik Industri*, 23(2), 112–124.
- Soltanali, H., Khojastehpour, M., Pais, J. E. D. A. E., & Farinha, J. T. (2022). Sustainable food production: an intelligent fault diagnosis framework for analyzing the risk of critical processes. *Sustainability*, 14(3), 1083.
- Stamatis, D. H. (2022). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. CRC Press.
- Tarwaka. (2021). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja: Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press.
- Teixeira Villamediana, E. M., Másin, C., Colmenares, L., Escalona, E., & Hernández-Runque, E. (2024). Respiratory signs and symptoms due to dust exposure in wheat mill workers. *SAP Multidisciplinary Open*, 2, 96.
- Trevisan, A., Ferrari, M., & Rossi, A. (2020). Upper and lower respiratory signs and symptoms in workers occupationally exposed to flour dust. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7075. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197075>
- WHO. (2024). *Occupational health*. <https://www.who.int/health-topics/occupational-health>
- Wijaya, R., Santoso, A., & Firmansyah, D. (2025). Ergonomic Risk Assessment in Food Manufacturing Industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 98, 103512.
- Wild, P., Bensefa-Colas, L., Paris, C., & Ameille, J. (2021). Longitudinal predictors of bronchial hyperresponsiveness and FEV1 decline in bakers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94(4), 751–761. <https://doi.org/10.1007/s00420-020-01628-0>
- Wu, J., & Hsiao, H. (2021). Food quality and safety risk diagnosis in the food cold chain through failure mode and effect analysis. *Food Control*, 120, 107501. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107501>