

Implementasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), Analisis Bahaya Proses Produksi Wafer Kaldu di Industri Makanan Ringan: Studi Kasus berbasis Wawancara, Hazop, dan Risk Matrix

Maya Ramadianti Musadi¹, Dinda Ismailiane Rosida², Najma Ghina Salsabila³, Riny Yolandha Parapat⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: ¹maya_musadi@itenas.ac.id, ²dinda.ismailiane@mhs.itenas.ac.id,
³najma.ghina@mhs.itenas.ac.id ⁴rinyyolandha@itenas.ac.id

Abstrak

Kajian ini meliputi analisis implementasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) sesuai PP No. 50 Tahun 2012 serta mengidentifikasi dan menilai potensi bahaya proses produksi wafer kaldu di salah satu perusahaan makanan ringan skala besar di Cimanggung, Sumedang, Jawa Barat. Metode yang digunakan adalah kualitatif deskriptif melalui wawancara mendalam bersama Kepala Departemen HSE perusahaan, observasi lapangan, dan kajian dokumen. Wawancara dilaksanakan pada 27 Februari 2026. Analisis bahaya menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP) pada enam node kritis, dilengkapi penilaian risiko dengan Risk Matrix 5×5 (Likelihood × Consequence). Hasil menunjukkan pencapaian SMK3 sebesar 87,3% dari 166 kriteria PP No. 50/2012 dengan predikat Bendera Emas, serta sertifikasi ISO 45001:2018 dan ISO 9001:2015. Elemen Keamanan Bekerja memiliki capaian terendah (84,8%) karena prosedur LOTO belum terstandarisasi di seluruh lini produksi. Analisis HAZOP mengidentifikasi 22 skenario deviasi: 3 Very High, 7 High, 8 Medium, 4 Low; dengan 13 OPEN dan 9 CLOSED. Node Oven Baking memiliki jumlah deviasi terbanyak (5 skenario), sedangkan Node Utilitas Steam memiliki proporsi risiko Very High tertinggi (2 dari 3 deviasi). Tiga temuan Very High yang memerlukan tindakan segera meliputi suhu oven melebihi 200°C, tekanan steam melebihi 8 bar, dan kontaminasi steam oleh korosi pipa. Rekomendasi utama: implementasi SCADA suhu real-time pada oven, penyusunan Emergency Response Plan khusus boiler, pemasangan steam trap dan filter steam, serta standardisasi prosedur LOTO di seluruh lini produksi.

Kata kunci: HAZOP; ISO 45001:2018; keselamatan kerja; Risk Matrix; SMK3; wafer kaldu

Abstract

This review analyzes the implementation of the Occupational Health and Safety Management System (SMK3) in accordance with Government Regulation No. 50 of 2012, and identifies and assesses potential hazards in the broth wafer production process at a large-scale snack food company in Cimanggung, Sumedang, West Java. A descriptive qualitative approach was employed through an in-depth interview with the company's Head of HSE Department, field observations, and document reviews, conducted on 27 February 2026. Hazard analysis was carried out using the Hazard and Operability Study (HAZOP) method on six critical production nodes, supplemented by risk assessment using a 5×5 Risk Matrix (Likelihood × Consequence). Results indicate an SMK3 achievement rate of 87.3% of 166 criteria per PP No. 50/2012 with Gold Flag status, along with ISO 45001:2018 and ISO 9001:2015 certifications. The Work Safety element recorded the lowest achievement (84.8%) due to unstandardized LOTO procedures across production lines. HAZOP analysis identified 22 deviation scenarios: 3 Very High, 7 High, 8 Medium, 4 Low; with 13 OPEN and 9 CLOSED. The Baking Oven node recorded the highest number of deviations (5 scenarios), while the Steam Utilities node had the highest proportion of Very High risks (2 out of 3 deviations). Three Very High findings requiring immediate action were: oven temperature exceeding 200°C, steam pressure exceeding 8 bar, and steam contamination from pipe corrosion. Key recommendations include implementing real-time SCADA temperature monitoring on the oven, developing a boiler-specific Emergency Response Plan, installing steam traps and filters at all steam utilization points, and standardizing LOTO procedures across all production lines.

Keywords: HAZOP; ISO 45001:2018; occupational safety; Risk Matrix; SMK3; broth wafer

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan salah satu aspek fundamental dalam pengelolaan industri manufaktur modern yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari risiko kecelakaan kerja maupun penyakit akibat kerja. Penerapan K3 tidak hanya berfungsi untuk menjaga keselamatan pekerja, tetapi juga dapat meningkatkan produktivitas kerja, menurunkan angka absensi akibat cedera, serta menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan efisien (Tarwaka, 2015). Selain itu, penerapan sistem keselamatan kerja yang baik dapat mengurangi kerugian perusahaan secara signifikan, baik yang bersifat langsung seperti biaya pengobatan dan kerusakan alat produksi, maupun kerugian tidak langsung seperti terganggunya proses operasional industri dan menurunnya reputasi perusahaan di mata konsumen dan regulator (Ramli, 2013). Oleh karena itu, penerapan K3 perlu dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan pada seluruh sektor industri, termasuk industri pangan skala besar yang memiliki kompleksitas proses produksi tinggi.

Di Indonesia, regulasi terkait keselamatan dan kesehatan kerja diatur secara komprehensif melalui Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja serta Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). PP No. 50/2012 mewajibkan setiap perusahaan yang mempekerjakan lebih dari 100 tenaga kerja atau memiliki potensi bahaya tinggi untuk mengimplementasikan SMK3 secara terstruktur dengan pendekatan yang sistematis dan terdokumentasi (Kementerian Tenaga Kerja Republik Indonesia, 2012). Regulasi ini menekankan pentingnya komitmen manajemen puncak, keterlibatan aktif seluruh pekerja, serta penerapan siklus Plan-Do-Check-Act (PDCA) dalam pengelolaan K3 di lingkungan industri.

Data dari BPJS Ketenagakerjaan (2022) mencatat bahwa terjadi 265.334 kasus kecelakaan kerja di Indonesia sepanjang tahun 2022, dengan sektor industri pengolahan (manufaktur) menyumbang kontribusi sebesar 31,5% dari total kejadian tersebut (BPJS Ketenagakerjaan, 2022). Angka ini menunjukkan bahwa sektor manufaktur, termasuk industri makanan dan minuman, masih menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan keselamatan kerja. Data tersebut juga mengungkapkan bahwa kecelakaan kerja paling sering terjadi pada aktivitas yang melibatkan mesin berputar (25%), paparan suhu tinggi (18%), dan aktivitas manual material handling (22%).

Objek kajian ini adalah salah satu perusahaan makanan ringan skala besar yang berlokasi di Cimanggung, Sumedang, Jawa Barat, yang memproduksi wafer kaldu serta berbagai varian makanan ringan berbasis bumbu. Atas permintaan pihak perusahaan, identitas perusahaan tidak dicantumkan dalam publikasi ini. Fasilitas produksi ini beroperasi dengan kapasitas mencapai 150 ton per bulan dan mempekerjakan sekitar 480 tenaga kerja yang tersebar di berbagai departemen, mulai dari produksi, quality control, pergudangan, utilitas, hingga manajemen.

Kompleksitas proses produksi wafer kaldu di perusahaan tersebut menghadirkan berbagai tantangan dalam pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja. Proses produksi utama meliputi pencampuran bahan baku (mixing), pemanggangan adonan (baking) pada suhu tinggi antara 160°C hingga 200°C, pengisian kaldu (filling) ke dalam wafer, serta pengemasan (packaging) produk akhir. Perusahaan juga mengoperasikan sistem utilitas pendukung yang kritis, yaitu boiler untuk menghasilkan steam bertekanan hingga 8 bar.

Pada industri makanan ringan seperti wafer kaldu, terdapat berbagai potensi bahaya kerja yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Penggunaan oven pemanggangan (baking oven) dengan suhu operasi mencapai 200°C tanpa sistem monitoring suhu real-time yang memadai dapat menyebabkan risiko kebakaran, luka bakar parah, bahkan ledakan. Sistem steam bertekanan tinggi pada boiler, jika tidak dikelola dengan prosedur keselamatan yang ketat, dapat mengakibatkan ledakan pipa atau bejana tekan yang berpotensi fatal.

Berdasarkan hasil observasi awal pada 27 Februari 2026, ditemukan beberapa kondisi kerja yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja. Area oven baking belum dilengkapi sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) terintegrasi untuk memantau suhu secara real-time dari ruang kontrol. Prosedur LOTO (Lock-Out Tag-Out) juga belum terstandarisasi secara menyeluruh di semua lini produksi. Area boiler belum memiliki Emergency Response Plan (ERP) yang spesifik untuk menangani potensi ledakan atau kebocoran steam bertekanan tinggi.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Departemen HSE, dalam tiga tahun terakhir (2022–2024) tercatat 24 insiden kecelakaan kerja ringan (first aid cases), 5 insiden sedang (lost time injury), dan 1 insiden near miss yang hampir menyebabkan kebakaran pada area oven baking. Insiden terbesar terjadi pada Maret 2023 ketika seorang operator mengalami luka bakar derajat dua akibat percikan air panas dari sambungan pipa steam yang bocor.

Data dari International Labour Organization (ILO) menunjukkan bahwa setiap tahun terjadi sekitar 340 juta kecelakaan kerja dan 160 juta pekerja mengalami penyakit akibat kerja secara global (International Labour Organization, 2020). Di kawasan Asia Tenggara, sektor manufaktur makanan menyumbang sekitar 28% dari total kecelakaan kerja di kawasan tersebut. Oleh karena itu, identifikasi bahaya dan pengendalian risiko perlu dilakukan secara periodik dan terdokumentasi.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menilai tingkat risiko kerja secara sistematis adalah metode Hazard and Operability Study (HAZOP). HAZOP merupakan teknik analisis bahaya yang berbasis tim dan terstruktur, dengan menggunakan kata panduan (guide words) seperti NO/NOT, MORE, LESS, PART OF, AS WELL AS, REVERSE, dan OTHER THAN yang dikombinasikan dengan parameter proses untuk menghasilkan deviasi-deviasi bermakna yang berpotensi menimbulkan bahaya (ICChemE, 2015).

Selain HAZOP, penilaian risiko dalam kajian ini menggunakan Risk Matrix 5×5 yang mengacu pada standar AS/NZS 4360:2004 dan ISO 31000:2018. Risk Matrix menggabungkan dimensi Likelihood (skala 1–5: Rare sampai Almost Certain) dan Consequence (skala 1–5: Insignificant sampai Severe). Hasil perkalian kedua dimensi tersebut mengklasifikasikan risiko ke dalam empat level: Low (1–4), Medium (5–9), High (10–16), dan Very High (17–25) (Standards Australia, 2004; International Organization for Standardization, 2018).

Beberapa kajian sebelumnya menunjukkan efektivitas metode HAZOP pada industri pangan. Simanjuntak et al. (2020) berhasil mengidentifikasi 34 skenario deviasi potensial pada proses produksi minuman ringan dengan 12 di antaranya memiliki tingkat risiko tinggi. Wahyuni & Prasetya (2022) menemukan bahwa node penggorengan dan pengemasan pada produksi mi instan merupakan area dengan jumlah deviasi terbanyak. Namun, kajian tentang integrasi HAZOP dengan Risk Matrix 5×5 pada industri wafer kaldu skala besar di Indonesia masih sangat terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, kajian ini bertujuan: (1) mendeskripsikan implementasi SMK3 berdasarkan PP No. 50/2012 dan ISO 45001:2018; (2) mengidentifikasi potensi bahaya kerja menggunakan HAZOP pada enam node kritis; (3) menilai tingkat risiko kecelakaan kerja menggunakan Risk Matrix 5×5; serta (4) merumuskan upaya pengendalian risiko yang tepat dan terprioritas.

2. METODE KAJIAN

Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan studi kasus tunggal di salah satu perusahaan makanan ringan skala besar di Cimanggung, Sumedang, Jawa Barat (identitas perusahaan tidak dicantumkan atas permintaan pihak perusahaan). Pengumpulan data primer dilaksanakan pada 27 Februari 2026 melalui wawancara mendalam bersama Kepala Departemen HSE perusahaan, serta observasi lapangan selama dua hari kerja. Kerangka metodologi mencakup tiga tahap: pengumpulan data primer dan sekunder, analisis HAZOP, serta penilaian risiko dengan Risk Matrix 5×5.

2.1. Pengumpulan Data

Wawancara Mendalam dilakukan bersama Kepala Departemen HSE perusahaan (dengan pengalaman lebih dari 12 tahun di bidang K3 industri pangan) pada 27 Februari 2026. Panduan wawancara dikembangkan berbasis klausul ISO 45001:2018 dan kriteria PP No. 50/2012 dengan total durasi sekitar 8,5 jam. Selain itu, dilakukan pula Observasi Lapangan berupa kunjungan ke area produksi, gudang, utilitas (ruang boiler), dan fasilitas K3 menggunakan checklist berbasis template audit SMK3 Kementerian Ketenagakerjaan RI. Kajian Dokumen dilakukan terhadap dokumen SMK3 meliputi kebijakan K3, SOP, laporan insiden 3 tahun terakhir, hasil audit internal, dan sertifikat standar.

2.2. Analisis HAZOP

Analisis HAZOP dilakukan secara desk-based berdasarkan data proses dari dokumen teknis dan hasil wawancara, mengacu pada panduan IChemE (2015). Tim HAZOP terdiri dari empat anggota dengan kompetensi teknik proses, K3, dan keamanan pangan. Enam node analisis ditetapkan berdasarkan tahapan proses kritis: (1) Mixing Room, (2) Oven Baking, (3) Filling Kaldu, (4) Pengemasan, (5) Cooling & Storage, dan (6) Utilitas Steam. Guide words yang digunakan: NO/NOT, LESS, MORE, PART OF, AS WELL AS, REVERSE, dan OTHER THAN.

2.3. Penilaian Risiko dengan Risk Matrix

Setiap deviasi HAZOP dinilai tingkat risikonya menggunakan Risk Matrix 5×5. Skala Likelihood: 1=Rare, 2=Unlikely, 3=Possible, 4=Likely, 5=Almost Certain. Skala Consequence: 1=Insignificant, 2=Minor, 3=Moderate, 4=Major, 5=Severe. Penilaian dilakukan secara konsensus tim berdasarkan data historis insiden, frekuensi operasional, dan penilaian ahli. Validasi dilakukan melalui triangulasi sumber dan member checking kepada Kepala Departemen HSE.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pencapaian SMK3 Berdasarkan PP No. 50/2012

Audit internal SMK3 terakhir (Oktober 2024) dengan pendampingan konsultan eksternal menunjukkan pencapaian 87,3% dari 166 kriteria, menempatkan perusahaan pada kategori "Memuaskan" (Bendera Emas). Perincian per elemen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pencapaian Implementasi SMK3 per Elemen (PP No. 50/2012)

Elemen SMK3 (PP 50/2012)	Jumlah Kriteria	Terpenuhi	% Capaian	Kategori
Pembangunan & Pemeliharaan Komitmen	13	12	92,3%	Memuaskan
Strategi Pendokumentasian	6	5	83,3%	Baik
Peninjauan Ulang Perancangan	8	7	87,5%	Baik
Pengendalian Dokumen	5	5	100%	Memuaskan
Pembelian & Kontrak	7	6	85,7%	Baik
Keamanan Bekerja Berdasarkan SMK3	46	39	84,8%	Baik
Standar Pemantauan	12	11	91,7%	Memuaskan
Pelaporan & Perbaikan Kekurangan	8	7	87,5%	Baik
Pengelolaan Material & Perpindahan	12	10	83,3%	Baik
Pengumpulan & Penggunaan Data	9	8	88,9%	Baik
Audit Internal SMK3	5	4	80,0%	Baik
Pengembangan Keterampilan & Kemampuan	35	31	88,6%	Baik
TOTAL	166	145	87,3%	Memuaskan

Elemen Pengendalian Dokumen mencapai 100% berkat digitalisasi penuh sistem manajemen dokumen sejak 2023. Elemen Keamanan Bekerja Berdasarkan SMK3 memiliki pencapaian terendah (84,8%), terutama pada sub-elemen prosedur LOTO yang belum terstandarisasi di semua lini mesin — temuan yang terkonfirmasi dalam analisis HAZOP Node 4 (Pengemasan). Pencapaian Bendera Emas

menempatkan perusahaan di antara 15% teratas perusahaan manufaktur makanan Indonesia (Kementerian Ketenagakerjaan RI, 2023).

3.2. Sistem Sertifikasi yang Diimplementasikan

Perusahaan telah memperoleh berbagai sertifikasi standar nasional dan internasional terkait K3 dan manajemen mutu. Matriks sertifikasi lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Sertifikasi K3 Perusahaan

Standar	Ruang Lingkup	Status	Catatan Implementasi
ISO 45001:2018	Sistem Manajemen K3	Tersertifikasi (2022)	Audit surveillance tahunan; minor NC pada klausul 8.1.3 (Manajemen Perubahan)
ISO 9001:2015	Sistem Manajemen Mutu	Tersertifikasi (2019)	Terintegrasi SMK3; dokumentasi 100% digital; CAPA aktif berbasis aplikasi
HACCP (SNI)	Keamanan Pangan	Tersertifikasi (2021)	7 prinsip HACCP; CCP pada baking ($\geq 165^{\circ}\text{C}$) dan pengemasan (seal integrity)
PP No. 50/2012	SMK3 Nasional	Bendera Emas (2023)	Pencapaian 87,3%; audit eksternal; target 90% siklus berikut
OHSAS 18001:2007	K3 (diganti ISO 45001)	Transisi Selesai 2022	Transisi ke ISO 45001:2018 diselesaikan Maret 2022

3.3. Risk Matrix sebagai Kerangka Penilaian Risiko

Sebelum menyajikan hasil HAZOP, penting memahami kerangka penilaian risiko yang digunakan. Risk Matrix 5×5 (Tabel 3) menggabungkan dimensi Likelihood dan Consequence untuk mengklasifikasikan risiko ke dalam empat level. Matriks ini menjadi acuan objektif penilaian setiap deviasi HAZOP, memungkinkan tim memprioritaskan tindakan pengendalian secara terukur (Standards Australia, 2004; International Organization for Standardization, 2018).

Tabel 3. Risk Matrix Kerangka Penilaian Risiko K3 (Likelihood × Consequence)

Likelihood \ Consequence	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Severe
Almost Certain	Medium	High	Very High	Very High	Very High
Likely	Medium	High	High	Very High	Very High
Possible	Low	Medium	High	High	Very High
Unlikely	Low	Low	Medium	Medium	High
Rare	Low	Low	Low	Low	Medium

Panduan tindakan berdasarkan Risk Level disajikan pada Tabel 4. Panduan ini menjadi dasar penentuan prioritas dan urgensi rekomendasi tindakan pengendalian dari temuan HAZOP.

Tabel 4. Panduan Tindakan Berdasarkan Risk Level

Level	Risk Rating	Tindakan yang Diperlukan	Contoh Respons
1	Very High	Hentikan aktivitas seketika; isolasi area; notifikasi manajemen puncak	Shutdown mesin, isolasi area, briefing darurat
2	High	Tindakan korektif dalam 24-48 jam; pengawasan ketat; review engineering control	Pasang pengaman tambahan, revisi SOP, jadwalkan perbaikan
3	Medium	Kelola dengan prosedur monitoring; tindakan perbaikan dalam 30 hari	Review SOP, tambah rambu K3, pelatihan operator
4	Low	Terima dengan pemantauan rutin; review berkala 6 bulan	Dokumentasi, monitoring rutin, pertahankan kontrol

3.4. Analisis HAZOP dan Penilaian Risiko

Tabel 5 menyajikan informasi header HAZOP yang mencakup tanggal pelaksanaan, lokasi, proses, peralatan, dan node analisis.

Tabel 5. Header Informasi HAZOP

Item	Keterangan	Parameter	Nilai
DATE	27 Februari 2026	P (Kg/cm ²)	0 - 8 (desain) / 0 - 6 (operasi)
LOKASI	Perusahaan Makanan Ringan, Cimanggung, Sumedang, Jawa Barat	T (°C)	160 - 200 (desain) / 160 - 185 (operasi)
PROSES	Produksi Wafer Kaldu (Mixing, Baking, Filling, Packaging)	V (mmHg)	750 (desain) / 755 (operasi)
PERALATAN	Mixer, Oven Baking, Filling Machine, Conveyor, Boiler		
NODE	Node 1-6: Mixing, Oven, Filling, Pengemasan, Cooling, Utilitas Steam		

Tabel HAZOP lengkap dengan penilaian risiko disajikan pada Tabel 6. Total 22 skenario deviasi diidentifikasi pada enam node dengan distribusi: 3 Very High, 7 High, 8 Medium, 4 Low; status: 13 OPEN, 9 CLOSED.

Tabel 6. HAZOP Study Work Sheet dengan Penilaian Risk Matrix Proses Produksi Wafer Kaldu

Node	Parameter	Guide Word	Deviasi	Penyebab Potensial	Konsekuensi	Kontrol yang Ada	Tindakan Tambahan	Risk Level	Status
Node 1: Mixing Room	Suhu	MORE	Suhu mixing >45°C	Sensor suhu rusak; heater tidak mati otomatis	Denaturasi pati; produk tidak homogen	Thermostat otomatis; alarm suhu; SOP	Sensor redundant; kalibrasi 3 bulan; interlock cut-off	Medium	OPEN
	Suhu	LESS	Suhu mixing <30°C	Kegagalan pemanas; suhu ruang rendah	Adonan kental; kegagalan blending	Monitoring harian; SOP korektif	Pemanas cadangan; prosedur eskalasi	Low	CLOSED
	Tekanan	MORE	Tekanan vessel >2 bar	PRV tersumbat; pengisian berlebih	Risiko ledakan vessel; cedera operator	Pressure relief valve; gauge; SOP	Inspeksi PRV bulanan; alarm tinggi; training	High	OPEN
	Tekanan	LESS	Vacuum dalam vessel	Kebocoran seal; keretakan vessel	Kontaminan masuk; kontaminasi produk	Inspeksi visual harian; ganti seal rutin	Pressure transmitter; alarm low-pressure	Medium	OPEN
Node 2: Oven Baking	Suhu	MORE	Suhu oven >200°C	Kegagalan termostat; kerusakan elemen pemanas	Kebakaran produk; asap; cedera fatal	Thermocouple ganda; alarm; CO2 suppression	SCADA real-time; training kebakaran 3 bulan	Very High	OPEN
	Suhu	LESS	Suhu oven <160°C	Elemen lemah; fluktuasi tegangan	Produk mentah; kontaminasi mikroba; reject	QC check per batch; termometer kalibrasi	UPS sistem pemanas; log otomatis 5 menit	High	CLOSED
	Suhu	PART OF	Distribusi suhu tidak merata	Elemen sebagian mati; sirkulasi udara buruk	Sebagian undercooked; inkonsistensi mutu	Pemeriksaan QC setiap 30 menit	Sensor 4 titik dalam oven; kalibrasi bulanan	High	OPEN
	Waktu	MORE	Waktu baking >8 menit	Timer rusak; gangguan conveyor	Produk gosong; waste meningkat; asap	Timer otomatis; alarm; inspeksi visual	Interlock conveyor-timer; smoke detector	Medium	OPEN
	Waktu	LESS	Waktu baking <5 menit	Kecepatan conveyor terlalu tinggi	Produk mentah; gagal uji mikrobiologi	SOP kecepatan conveyor; QC sampling/jam	Limit switch kecepatan minimum; sign-off	High	CLOSED

Node	Parameter	Guide Word	Deviasi	Penyebab Potensial	Konsekuensi	Kontrol yang Ada	Tindakan Tambahan	Risk Level	Status
Node 3: Filling Kaldu	Konsentrasi	MORE	Konsentrasi >2,5%	Kalibrasi pompa tidak akurat; human error	Rasa terlalu kuat; risiko recall pasar	SOP formulasi; kalibrasi pompa bulanan	Flow meter digital; double-check QC	Medium	CLOSED
	Konsentrasi	LESS	Konsentrasi <1,5%	Pengenceran berlebih; kebocoran konsentrat	Produk hambar; tidak memenuhi BPOM	Sampling QC per batch; double-check	Alarm flow meter; log formulasi digital	Medium	OPEN
	Kontaminasi	AS WELL AS	Kontaminasi bahan lain	Cross-contamination; kebersihan jalur kurang	Kontaminasi alergen; risiko penarikan produk	Prosedur CIP; allergen control plan	Allergen matrix ketat; swab test per shift	High	OPEN
	Suhu Kaldu	MORE	Suhu kaldu >85°C	Kegagalan heat exchanger; kontrol suhu error	Luka bakar operator; kerusakan komponen pompa	Thermal gloves; guard pelindung; APD	Interlock suhu pompa; cover pelindung pipa	High	OPEN
Node 4: Pengemasan	Aliran	NO FLOW	Tidak ada aliran ke mesin kemas	Conveyor rusak; jamming; sealer gagal	Penghentian produksi; tekanan pada operator	Alarm conveyor; teknisi standby; SOP	Prosedur LOTO tertulis; sensor kemacetan; PM	Medium	OPEN
	Aliran	REVERSE	Aliran berbalik arah	Motor rusak; kesalahan instalasi belt	Kerusakan produk; cedera operator	Pengecekan arah motor; pre-start checklist	Indikator arah aliran; proteksi fisik	Low	CLOSED
	Volume	MORE THAN	Volume melebihi kapasitas	Koordinasi antar lini buruk; target tidak realistis	Penumpukan; kontaminasi; stres operator	Koordinasi supervisor; buffer area	Sistem andon; buffer max 15 menit	Low	OPEN
	Integritas Seal	LESS	Seal kemasan tidak sempurna	Suhu sealer fluktuatif; kontaminasi jaw	Produk terkontaminasi; umur simpan berkurang	QC sampling seal; kalibrasi suhu sealer	Leak tester otomatis; log suhu/jam	High	CLOSED
Node 5: Cooling & Storage	Suhu	MORE	Suhu gudang >28°C	Kegagalan AC; bangunan tidak terinsulasi	Pertumbuhan jamur; penurunan tekstur wafer	Termometer; SOP inspeksi harian; dehumidifier	Data logger otomatis; intervensi >27°C	Medium	OPEN

Node	Parameter	Guide Word	Deviasi	Penyebab Potensial	Konsekuensi	Kontrol yang Ada	Tindakan Tambahan	Risk Level	Status
Node 6: Utilitas Steam	Suhu	LESS	Suhu cooling <20°C	Cooling berlebihan; setting salah	Kondensasi; pertumbuhan jamur; kerusakan tekstur	Monitoring visual; operator check 2 jam	Sensor output cooling; prosedur override	Low	CLOSED
	Tekanan	MORE	Tekanan steam >8 bar	Safety valve gagal; pipa tersumbat; boiler error	Ledakan pipa; kecelakaan fatal; kebakaran besar	Safety valve; pressure gauge; inspeksi Disnaker	Inspeksi bulanan; CCTV boiler; ERP khusus	Very High	OPEN
	Tekanan	NO	Kehilangan tekanan total	Kebocoran mayor; shutdown darurat boiler	Seluruh proses steam terhenti; kerugian besar	Prosedur shutdown; boiler cadangan; SOP	Deteksi kebocoran otomatis; boiler standby	Medium	CLOSED
	Kualitas Steam	OTHER THAN	Steam terkontaminasi	Korosi internal pipa; kualitas air buruk	Kontaminasi produk; gagal uji produk jadi	Analisis air harian; filter steam; treatment	Steam trap tiap titik; analisis bulanan	Very High	OPEN

3.5. Pembahasan Temuan HAZOP

Distribusi risiko per node dirangkum pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Distribusi Risiko HAZOP per Node

Node	Jml Deviasi	Very High	High	Medium	Low	OPEN	CLOSED
Node 1: Mixing Room	4	0	1	2	1	2	2
Node 2: Oven Baking	5	1	3	1	0	3	2
Node 3: Filling Kaldu	4	0	2	2	0	3	1
Node 4: Pengemasan	4	0	1	1	2	2	2
Node 5: Cooling & Storage	2	0	0	1	1	1	1
Node 6: Utilitas Steam	3	2	0	1	0	2	1
TOTAL	22	3	7	8	4	13	9

Node Oven Baking (Node 2) memiliki jumlah deviasi terbanyak (5) dengan distribusi risiko paling beragam. Node Utilitas Steam (Node 6) memiliki proporsi Very High tertinggi (2 dari 3 deviasi), menjadikannya node paling kritis secara keseluruhan.

3.5.1. Temuan Risiko Very High

Terdapat tiga deviasi Very High yang memerlukan tindakan segera:

- (1) Suhu Oven $>200^{\circ}\text{C}$ (Node 2): Kegagalan termostat dapat memicu kebakaran fasilitas dengan potensi cedera fatal. Belum adanya sistem SCADA real-time menjadi celah kritis. Ini konsisten dengan data BPJS Ketenagakerjaan (2022) yang mencatat kebakaran menyebabkan 8,3% kecelakaan berat di sektor manufaktur pangan.
- (2) Tekanan Steam >8 Bar (Node 6): Kegagalan safety valve dapat mengakibatkan ledakan dengan konsekuensi fatal. Belum tersedianya Emergency Response Plan (ERP) khusus boiler merupakan gap pengendalian signifikan.
- (3) Steam Terkontaminasi (Node 6): Kontaminasi steam oleh produk korosi berpotensi mencemari produk makanan secara langsung, memicu risiko penarikan produk massal yang berdampak hukum dan reputasi.

3.5.2. Korelasi Temuan HAZOP dengan Audit SMK3

Terdapat korelasi signifikan antara elemen audit SMK3 berpencapaian terendah (Keamanan Bekerja, 84,8%) dengan temuan HAZOP berstatus OPEN: prosedur LOTO belum lengkap (Node 4), keterbatasan monitoring suhu real-time (Node 2), dan ERP boiler belum tersusun (Node 6). Korelasi ini mengkonfirmasi bahwa audit SMK3 dan analisis HAZOP saling memperkuat sebagai instrumen identifikasi gap pengendalian risiko (Yusrianti et al., 2019).

4. PENGENDALIAN RISIKO

Berdasarkan hasil identifikasi deviasi HAZOP dan penilaian risiko menggunakan Risk Matrix 5×5 , disusun rekomendasi pengendalian risiko yang mengacu pada hierarki pengendalian dari NIOSH, yaitu rekayasa teknik, administratif, dan alat pelindung diri (APD). Eliminasi dan substitusi tidak dapat diterapkan karena proses baking suhu tinggi dan sistem steam bertekanan merupakan keharusan proses yang tidak dapat dihilangkan.

Untuk deviasi suhu oven lebih dari 200°C (Very High), direkomendasikan implementasi SCADA real-time dengan interlock otomatis, sensor thermocouple redundan di tiga titik oven, serta sistem CO₂ suppression otomatis. Dari sisi administratif, diperlukan SOP monitoring suhu setiap 5 menit, review alarm harian, dan pelatihan kebakaran setiap 3 bulan. APD yang digunakan meliputi sarung tangan tahan panas, apron tahan api, face shield, dan sepatu safety.

Untuk deviasi tekanan steam lebih dari 8 bar (Very High), direkomendasikan pemasangan safety valve redundant 2 unit paralel, CCTV pemantauan boiler 24 jam, pressure transmitter dengan alarm high-high, serta sistem blowdown otomatis. Pengendalian administratif meliputi inspeksi safety valve bulanan, penyusunan ERP khusus boiler, simulasi darurat setiap 6 bulan, dan sertifikasi ulang operator boiler setiap tahun.

Untuk deviasi steam terkontaminasi (Very High), direkomendasikan pemasangan steam trap di 12 titik pengguna steam, steam filter 5 mikron, serta penggantian material pipa dari karbon steel menjadi stainless steel 304 pada segmen rawan korosi. Pengendalian administratif meliputi analisis kualitas steam bulanan (pH, conductivity, TDS, silika) dan kalibrasi steam trap tahunan.

Prioritas implementasi diberikan pada tiga deviasi Very High dengan target penyelesaian pada triwulan II hingga triwulan III tahun 2026. Manajemen disarankan menyusun rencana aksi yang mencakup perkiraan biaya, sumber daya, penanggung jawab, serta indikator keberhasilan yang terukur untuk setiap rekomendasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan mengenai implementasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) serta analisis bahaya proses produksi wafer kaldu menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP) dan Risk Matrix 5×5 , dapat disimpulkan sebagai berikut. Pertama, perusahaan telah mengimplementasikan SMK3 dengan cukup baik sesuai PP No. 50/2012 yang dibuktikan dengan pencapaian 87,3% (predikat Bendera Emas) serta memiliki sertifikasi ISO 45001:2018, ISO 9001:2015, dan HACCP, namun masih terdapat celah kritis pada

elemen Keamanan Bekerja (84,8%) terutama pada prosedur LOTO yang belum terstandarisasi. Kedua, analisis HAZOP pada enam node kritis berhasil mengidentifikasi 22 skenario deviasi dengan rincian 3 Very High, 7 High, 8 Medium, dan 4 Low, di mana 13 deviasi masih berstatus OPEN dan 9 deviasi sudah CLOSED, dengan Node Oven Baking dan Node Utilitas Steam memiliki profil risiko tertinggi. Ketiga, tiga temuan Very High yang memerlukan tindakan segera adalah: suhu oven lebih dari 200°C yang berisiko kebakaran fatal, tekanan steam lebih dari 8 bar yang berisiko ledakan boiler, serta steam terkontaminasi yang berisiko penarikan produk massal. Atas dasar temuan tersebut, direkomendasikan implementasi SCADA real-time pada oven, penyusunan ERP khusus boiler, serta pemasangan steam trap dan filter steam di seluruh titik pengguna steam dengan target penyelesaian triwulan II–III tahun 2026.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvanitoyannis, I. S., & Varzakas, T. H. (2008). Application of FMEA, cause and effect analysis in conjunction with HACCP to a potato chips manufacturing plant. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(10), 1741–1752.
- BPJS Ketenagakerjaan. (2022). Laporan statistik kecelakaan kerja 2022. BPJS Ketenagakerjaan.
- Frank, W. L., & Markle, G. (2019). Dust explosion hazards in the food industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15(3), 189–196.
- Harinto, N., & Endah, K. (2018). Evaluasi implementasi SMK3 di industri pengolahan pangan: Studi multi-kasus di Jawa. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(2), 112–121.
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention: A scientific approach*. McGraw-Hill.
- ICChemE. (2015). *Hazard identification methods (2nd ed.)*. Institution of Chemical Engineers.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems*. ISO.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2023). Laporan kinerja program K3 nasional 2023. Direktorat Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan dan K3.
- Kementerian Tenaga Kerja Republik Indonesia. (2012). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Kementerian Tenaga Kerja RI.
- Kletz, T. (2006). *HAZOP and HAZAN: Identifying and assessing process industry hazards (4th ed.)*. ICChemE.
- Kurniawan, B., & Azis, R. (2021). Efektivitas penerapan integrated management system pada industri pangan bersertifikat ISO 45001 dan ISO 9001 di Indonesia. *Jurnal Manajemen Risiko dan Keselamatan Kerja*, 4(1), 28–39.
- Simanjuntak, R., Widodo, A., & Prasetyo, D. (2020). Aplikasi metode HAZOP pada proses produksi minuman ringan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(1), 55–65.
- Standards Australia. (2004). *AS/NZS 4360:2004 risk management*. Standards Australia.
- Wahyuni, S., & Prasetya, H. (2022). HAZOP analysis on instant noodle manufacturing process. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 11(2), 180–192.
- Yusrianti, H., Trisnandar, H., & Musadad, A. (2019). Strategi peningkatan pencapaian kriteria SMK3 PP 50/2012 melalui pendekatan ISO 45001:2018. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat*, 11(3), 201–210.

Halaman ini dikosongkan