Jurnal Impresi Indonesia (JII)
e-ISSN: 2810-062x
Vol. 5, No. 10, Oktober 2026, pp 6131-6144
DOI: 10.58344/jii.v5i10.8176

Analisis Bahaya K3l Dalam Audit Asesmen Sertifikasi Transformator Distribusi

Taufik Rifiandi*, Victor Assani Desiawan
Institut Teknologi PLN, Indonesia
Email: taufik.rifiandi@gmail.com*, victor_assani@itpln.ac.id

Keywords:
SHE;
HIRADC;
certification audit;
distribution transformer;
hazard identification.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Riviera Publishing

Abstract

Certification audits of distribution transformers expose auditors to hazards despite their limited control over manufacturing operations. This study aimed to identify occupational safety, health, and environmental hazards during certification assessments, distinguish documented findings from potential hazards, and propose a safety checklist before audits. A descriptive case study was conducted at an anonymized transformer manufacturer, PT X, in East Java. Data comprised assessment documents, field observations, nonconformity reports, sampling records, HIRARC documentation, and type test reports. Analysis mapped audit activities, examined hazard sources, reviewed controls using the control hierarchy, and maintained chronological separation between assessment and testing evidence. HIRARC documentation covered eleven activities, with initial risk scores ranging from 6 to 15 and residual scores from 2 to 6. These scores represented documented assessments rather than independently verified control effectiveness. Field assessment recorded two minor nonconformities concerning detailed drawings and controlled bills of materials, alongside one safety observation involving unstable material stacks. Subsequent testing reported a low voltage winding temperature rise of 55.1 K against a 55 K limit. Findings emphasize access restrictions, auditor accompaniment, storage controls, electrical safeguards, and emergency preparedness. The proposed checklist supports systematic audit preparation while preserving distinctions between occupational hazards, actual findings, and product conformity evidence.

Kata Kunci:
SHE;
HIRADC;
audit sertifikasi;
trafo distribusi;
identifikasi bahaya.

Abstrak

Audit sertifikasi transformator distribusi menghadapkan auditor pada bahaya industri meskipun kewenangannya terhadap operasi manufaktur terbatas. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi bahaya keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan dalam asesmen sertifikasi, membedakan temuan terdokumentasi dari potensi bahaya, serta menyusun daftar periksa keselamatan sebelum audit. Penelitian menggunakan desain studi kasus deskriptif pada manufaktur transformator yang dianonimkan sebagai PT X di Jawa Timur. Data meliputi dokumen asesmen, observasi lapangan, laporan ketidaksesuaian, catatan pengambilan contoh, dokumen HIRARC, dan laporan pengujian jenis setelah asesmen. Analisis dilakukan melalui pemetaan aktivitas audit, identifikasi sumber bahaya, penelaahan hierarki pengendalian, serta pemisahan kronologis bukti asesmen dan pengujian. Dokumen HIRARC mencakup sebelas aktivitas dengan skor risiko awal 6–15 dan risiko residual 2–6. Skor tersebut merupakan penilaian terdokumentasi, bukan hasil verifikasi independen

terhadap efektivitas pengendalian. Asesmen lapangan mencatat dua ketidaksesuaian minor terkait gambar detail dan daftar material terkendali, serta satu observasi keselamatan berupa tumpukan material tidak stabil. Pengujian berikutnya mencatat kenaikan suhu belitan tegangan rendah sebesar 55,1 K terhadap batas 55 K. Pembahasan menekankan pembatasan akses, pendampingan auditor, pengendalian penyimpanan, pengamanan listrik, dan kesiapsiagaan darurat. Penelitian menghasilkan usulan daftar periksa untuk mendukung persiapan audit, sekaligus menjaga pembedaan antara potensi bahaya, temuan aktual, dan bukti kesesuaian produk. Penerapannya memerlukan pengujian lanjut pada manufaktur lain.

PENDAHULUAN

Transformator distribusi merupakan salah satu peralatan penting dalam sistem tenaga listrik karena berfungsi menurunkan tingkat tegangan untuk mendukung penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Keandalan transformator berhubungan dengan kontinuitas pelayanan, keselamatan ketenagalistrikan, perlindungan aset, dan dampak lingkungan (Hardinata et al., 2024; Rkt & Chandra, 2025). Oleh karena itu, kesesuaian transformator tidak cukup dinilai dari kondisi visual, tetapi perlu dibuktikan melalui pengendalian desain, material, proses produksi, pengujian, dan ketertelusuran (Genç & Demirel, 2025; Pratama et al., 2025).

Audit asesmen sertifikasi produk dilaksanakan pada lingkungan manufaktur yang mempunyai karakteristik bahaya tersendiri. Auditor dapat melakukan pemeriksaan dokumen, observasi proses, verifikasi fasilitas, pemeriksaan material, penelusuran produk, pengambilan contoh, dan observasi fasilitas pengujian (International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission, 2012). Aktivitas tersebut menempatkan auditor sebagai pihak yang berinteraksi dengan sistem produksi tanpa selalu mempunyai kendali langsung terhadap mesin, material, atau proses yang sedang berlangsung (Gultom et al., 2025; International Organization for Standardization, 2018; Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, 2009; Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran, 2014).

Identifikasi bahaya secara sistematis merupakan bagian penting dari manajemen risiko keselamatan. Penelitian HIRARC pada lingkungan manufaktur menunjukkan bahwa bahaya mekanis, fisik, kimia, ergonomi, listrik, dan lingkungan perlu dipetakan serta dihubungkan dengan pengendalian. Penelitian pada lingkungan ketenagalistrikan juga menunjukkan pentingnya identifikasi bahaya listrik, kebakaran, bahan kimia, kebisingan, dan kondisi fasilitas dalam menentukan pengendalian (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2021 tentang Keselamatan Ketenagalistrikan, 2021; Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2019 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran, 2019; Mawaddah et al., 2026; PT PLN (Persero), 2025; Rizkiyah & Saraswati, 2026).

Literatur juga menunjukkan bahwa audit keselamatan dan manajemen risiko memerlukan bukti objektif, komunikasi, pengendalian administratif, serta pengendalian teknis yang sesuai dengan karakteristik pekerjaan. Namun, kajian yang secara khusus menempatkan auditor sertifikasi produk sebagai pihak yang terpapar bahaya di lingkungan manufaktur masih relatif

terbatas (Ahmad et al., 2016; Dziegielewska et al., 2022; Sadeghi-Yarandi et al., 2023; Suryomukti & Saragih, 2024).

Penelitian ini menggunakan data praktik keinsinyuran dari kegiatan asesmen sertifikasi transformator distribusi pada manufaktur yang dianonimkan sebagai PT X di Jawa Timur. Audit dokumen dilakukan pada 7 Januari 2026, asesmen lapangan pada 21 Januari 2026, sedangkan pengujian jenis sampel berlangsung pada 5 Februari–23 April 2026. Pemisahan waktu tersebut penting karena hasil pengujian produk diperoleh setelah kegiatan asesmen lapangan. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi potensi bahaya K3L pada aktivitas audit, mendokumentasikan temuan K3L yang benar-benar didukung bukti lapangan, merumuskan pengendalian yang sesuai, dan mengembangkan checklist pra-audit yang dapat digunakan untuk meningkatkan keselamatan auditor.

Permasalahan spesifik penelitian ini berada pada kegiatan audit asesmen sertifikasi transformator distribusi di manufaktur yang dianonimkan sebagai PT X di Jawa Timur. Berdasarkan dokumen penelitian, audit dokumen dilaksanakan pada 7 Januari 2026 dan asesmen lapangan pada 21 Januari 2026 terhadap produk transformator distribusi 250 kVA, tiga fase, dengan tegangan 20 kV/400 V. Asesmen menghasilkan dua ketidaksesuaian minor terkait kelengkapan gambar detail dan ketersediaan daftar material terkendali per produk, serta satu observasi mengenai tumpukan material yang miring. Observasi terakhir menjadi dasar empiris untuk menelaah potensi bahaya penyimpanan terhadap auditor dan personel sekitar. Sementara itu, pengujian jenis berlangsung pada 5 Februari–23 April 2026, sehingga bukti hasil pengujian perlu dibedakan secara kronologis dari temuan saat asesmen lapangan.

Penelitian terdahulu memberikan landasan bagi identifikasi bahaya dan penentuan pengendalian secara sistematis. Liu et al. (2023), dalam tinjauan sistematis yang diterbitkan di Safety Science, memetakan model, metode, dan aplikasi penilaian risiko keselamatan dan kesehatan kerja. Kajian tersebut memperlihatkan beragam pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi bahaya pekerjaan dan mendukung pemilihan metode sesuai konteks penerapannya. Selanjutnya, Ghasemi et al. (2023), melalui tinjauan penelitian dari Scopus, Web of Science, dan PubMed dalam Safety and Health at Work, mengkaji penggunaan, keterbatasan, serta perkembangan Job Safety Analysis (JSA). Kedua kajian tersebut mendukung perlunya pemetaan aktivitas yang jelas sebelum risiko dinilai dan pengendalian dirumuskan, termasuk ketika pendekatan tersebut diterapkan pada pekerjaan audit di fasilitas manufaktur.

Pada lingkungan ketenagalistrikan, Pamungkas et al., (2025) menggunakan Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) untuk menelaah bahaya di PT PLN (Persero) Transmisi dan Gardu Induk Meulaboh. Penelitian tersebut mengidentifikasi potensi sengatan listrik, paparan bahan kimia berbahaya, kebisingan, tertimpa peralatan, kebocoran, dan kebakaran, serta merekomendasikan alat pelindung diri, rambu peringatan, dan prosedur kerja aman. Sementara itu, Taherzadeh Chenani et al. (2024), dalam artikel terindeks Scopus di Journal of Loss Prevention in the Process Industries, menelaah 16 penelitian mengenai integrasi penilaian risiko keselamatan kerja dan keselamatan proses. Kajian tersebut menekankan kebutuhan pengembangan penilaian yang lebih kuat terhadap berbagai dimensi risiko. Temuan-temuan ini menjadi dasar untuk mempertimbangkan bahaya secara terpadu dalam kegiatan asesmen transformator.

Meskipun memberikan dasar metodologis yang relevan, penelitian-penelitian tersebut belum secara langsung menjawab kebutuhan keselamatan auditor sertifikasi produk transformator distribusi. Kajian (Pamungkas et al., 2025) berfokus pada aktivitas fasilitas transmisi dan gardu induk, sedangkan tinjauan Liu et al., Ghasemi et al., serta Taherzadeh Chenani et al. membahas metode dan kerangka keselamatan dalam cakupan yang lebih luas. Berdasarkan cakupan literatur yang ditelaah tersebut, masih terdapat ruang penelitian mengenai paparan auditor sebagai personel eksternal yang berpindah antararea dan bergantung pada informasi serta pengendalian dari pihak manufaktur. Kesenjangan lainnya adalah kebutuhan membedakan bahaya potensial, temuan K3L yang terdokumentasi, dan bukti performa produk. Pembedaan ini diperlukan agar penilaian keselamatan tidak mencampurkan dugaan bahaya dengan kondisi yang benar-benar teramati.

Kesenjangan tersebut menegaskan urgensi penelitian yang menempatkan keselamatan auditor sebagai bagian dari perencanaan asesmen. Auditor perlu memperoleh informasi mengenai jalur aman, area terlarang, status pengujian listrik, aktivitas pengangkatan, kondisi penyimpanan, dan prosedur keadaan darurat sebelum memasuki fasilitas. Kebutuhan ini menjadi semakin penting ketika asesmen mencakup perpindahan lokasi dan perjalanan yang dapat menimbulkan kelelahan. Dalam kasus PT X, observasi tumpukan material miring menunjukkan bahwa persoalan keselamatan dapat ditemukan pada area pendukung produksi, sekaligus berpotensi memengaruhi kondisi material. Oleh karena itu, identifikasi bahaya perlu mencakup seluruh rangkaian kegiatan audit dan diterjemahkan menjadi pengendalian yang sesuai dengan kewenangan auditor, seperti pembatasan akses, pendampingan, komunikasi bahaya, dan penetapan jarak aman.

Kebaruan yang ditawarkan penelitian ini terletak pada penerapan analisis bahaya K3L dengan aktivitas auditor sertifikasi transformator distribusi sebagai unit analisis, disertai pemisahan jenis dan waktu perolehan bukti. Penelitian memanfaatkan dokumen asesmen, observasi lapangan, dokumentasi pengambilan contoh, dokumen HIRARC, dan laporan pengujian untuk menyusun hubungan antara kondisi manufaktur, temuan aktual, dan evaluasi kesesuaian produk. Skor risiko yang tersedia dalam dokumen HIRARC diperlakukan sebagai hasil penilaian pada kasus yang diteliti, sedangkan bahaya yang tidak memiliki dasar penilaian memadai dibahas secara kualitatif. Pendekatan ini diarahkan untuk menghasilkan checklist K3L pra-audit yang mempertimbangkan akses, energi listrik, pemindahan dan penyimpanan material, bahan kimia, kondisi lingkungan kerja, kesiapsiagaan darurat, serta perjalanan auditor.

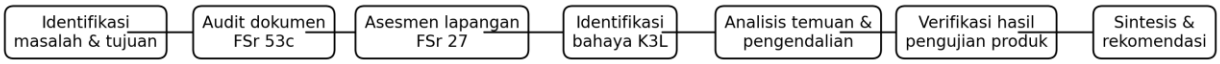
Berdasarkan landasan tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya K3L pada aktivitas audit asesmen sertifikasi transformator distribusi, mendokumentasikan temuan aktual berdasarkan bukti lapangan, menelaah pengendalian sesuai hierarki pengendalian, dan menyusun checklist keselamatan pra-audit. Secara akademis, penelitian diharapkan memperluas penerapan analisis risiko pada interaksi personel eksternal dengan sistem manufaktur serta memperjelas pemisahan antara bukti keselamatan kerja dan bukti kesesuaian produk. Secara praktis, hasilnya dapat menjadi masukan bagi auditor, lembaga sertifikasi, dan manufaktur dalam menyiapkan asesmen yang lebih terencana, memperkuat komunikasi bahaya, dan menentukan pengendalian sebelum kegiatan berlangsung. Manfaat tersebut diarahkan pada pencegahan paparan yang dapat dihindari, perlindungan personel dan

material, serta peningkatan ketertelusuran bukti, dengan tetap memperhatikan keterbatasan penelitian sebagai studi kasus pada satu manufaktur.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan desain studi kasus deskriptif berbasis bukti objektif. Unit analisis adalah aktivitas audit asesmen sertifikasi produk transformator distribusi, sedangkan objek penelitian adalah manufaktur yang dianonimkan sebagai PT X di Jawa Timur.

Sumber data meliputi FSr 53c, FSr 27, checklist verifikasi SPLN D3.002-1:2025, laporan asesmen, laporan ketidaksesuaian, observasi lapangan, dokumentasi, berita acara pengambilan contoh, dan laporan pengujian jenis. Data tersebut digunakan untuk membedakan bukti audit, potensi bahaya, temuan aktual, dan hasil pengujian pasca-asesmen.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan analisis dilakukan yaitu pertama, aktivitas audit dipetakan mulai dari persiapan, mobilisasi, safety induction, observasi proses, verifikasi storage, observasi fasilitas pengujian, sampai pengambilan contoh. Kedua, setiap aktivitas dipetakan terhadap sumber bahaya yang mungkin berinteraksi dengan auditor, antara lain bahaya listrik, mekanis, fisik, kimia, ergonomi, kebakaran, material handling, storage, dan kondisi lingkungan. Ketiga, temuan aktual dipisahkan dari potensi bahaya. Temuan aktual hanya dinyatakan apabila didukung oleh dokumen asesmen atau observasi lapangan. Keempat, pengendalian dianalisis menggunakan hierarki pengendalian. Untuk bahaya yang belum mempunyai data likelihood dan severity, penelitian tidak menetapkan skor numerik. Kelima, hasil asesmen dibandingkan secara kronologis dengan hasil pengujian jenis untuk melihat hubungan antara bukti sistem manufaktur, kondisi lapangan, dan performa produ

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Produk yang Diasesmen

Produk yang diverifikasi merupakan transformator distribusi 250 kVA, tiga fase, 20 kV/400 V, 50 Hz, vector group Dyn5, dengan konduktor aluminium–aluminium, inti CRGO/baja silikon, pendinginan ONAN, dan konstruksi outdoor.

Tabel. 1 Karakteristik transformator yang diverifikasi

Parameter	Data
Kapasitas	250 kVA
Fase	3 fase
Tegangan	20 kV/400 V
Frekuensi	50 Hz
Vector group	Dyn5
Konduktor	Aluminium–Aluminium
Inti	CRGO/baja silikon
Pendinginan	ONAN
Konstruksi	Outdoor

Tabel. 2 Pemetaan potensi bahaya K3L pada aktivitas audit

Aktivitas	Sumber bahaya	Konsekuensi potensial	Pengendalian utama
Persiapan/briefing	Ergonomi, kelelahan	Penurunan konsentrasi	Atur durasi dan istirahat
Mobilisasi area	Forklift, kendaraan internal	Tertabrak/terjatuh	Jalur pedestrian, pendamping
Observasi produksi	Mesin/peralatan	Cedera mekanis	Jaga jarak, larangan intervensi
Storage	Tumpukan material	Material jatuh/tertimpa	Rack/stopper, pembatasan beban
Pengisian minyak	Minyak/bahan kimia	Kontak/tumpahan	SDS, APD, housekeeping
Pengujian	Energi listrik	Sengatan listrik	Barricade, interlock, akses terbatas
Area produksi	Kebisingan	Gangguan pendengaran	Pembatasan waktu, APD
Evakuasi	Jalur terhalang	Hambatan evakuasi	Housekeeping dan inspeksi

Tabel 2 merupakan pemetaan potensi bahaya berdasarkan karakteristik lingkungan audit. Tabel ini tidak dimaksudkan sebagai klaim bahwa seluruh kejadian terjadi selama asesmen. Pembeda antara potensi dan temuan aktual diperlukan untuk menjaga validitas penelitian.

Hasil Asesmen Lapangan

Hasil asesmen menunjukkan tidak terdapat LKS Major, terdapat dua LKS Minor, dan satu observasi. Dua LKS Minor berkaitan dengan detail drawing yang belum lengkap dan BoM terkendali per produk yang belum tersedia. Satu observasi berkaitan dengan kondisi tumpukan material yang miring dan perlu ditata agar tidak membahayakan area sekitar.

Tabel 3. Rekapitulasi temuan asesmen

No.	Klasifikasi	Temuan	Dimensi
1	Minor	Detail drawing belum lengkap	Kontrol desain/konfigurasi

2	Minor	BoM terkendali per produk belum tersedia	Traceability material
3	Observasi	Tumpukan material miring	K3L/housekeeping

Tabel 4. Ringkasan hasil HIRARC kegiatan audit sertifikasi

Tahapan Kegiatan	TR Awal	Kontrol Saat Ini	TR Sisa	Kategori Sisa
Perjalanan menuju audit	15	Kendaraan laik jalan	5	Menengah/Sedang
Opening meeting & dokumen	6	Ruang standar	2	Sangat rendah
Incoming material	12	Loading bay	4	Rendah
Gudang material	12	SWL pada rack	4	Rendah
Welding & painting	12	Welding curtain + exhaust	6	Rendah
Winding/core/assembly	15	Rambu K3	5	Menengah/Sedang
Oil filling	8	Oil spill kit	4	Rendah
Laboratorium uji	15	Pagar + warning system	5	Menengah/Sedang
Finished goods	8	Standar penempatan	4	Rendah
Emergency pabrik	10	APAR/hidran/jalur evakuasi	5	Menengah/Sedang
Perjalanan pulang	15	Driver khusus/taksi	5	Menengah/Sedang

Berdasarkan hasil tersebut, checklist K3L pra-audit dalam penelitian ini perlu menempatkan lima kelompok kontrol sebagai pemeriksaan wajib: (1) akses dan segregasi area berbahaya, (2) pengendalian energi listrik dan suspended load, (3) material handling dan storage, (4) bahan Berdasarkan hasil tersebut, checklist K3L pra-audit dalam penelitian ini perlu menempatkan lima kelompok kontrol sebagai pemeriksaan wajib: (1) akses dan segregasi area berbahaya, (2) pengendalian energi listrik dan suspended load, (3) material handling dan storage, (4) bahan kimia, kebisingan, dan housekeeping, serta (5) fatigue, emergency preparedness, dan perjalanan. Pengelompokan ini membuat checklist tidak hanya berfungsi sebagai daftar APD, tetapi sebagai instrumen perencanaan keselamatan auditor.

Dari perspektif Teknik Industri, hasil HIRARC memperlihatkan bahwa auditor merupakan pengguna eksternal dari sistem produksi dan berinteraksi dengan manusia, mesin, material, metode, lingkungan, dan informasi. Karena auditor tidak mengendalikan proses produksi secara langsung, strategi yang dominan adalah segregasi jalur, pembatasan akses, guide/escort, safety induction, engineering control, dan aturan perilaku. Literatur juga menunjukkan bahwa integrasi HIRARC dapat membantu memprioritaskan bahaya kritis dan menentukan pengendalian berdasarkan hierarki kontrol [(Mawaddah et al., 2026)]

Secara keseluruhan, pengendalian pada 11 tahapan menurunkan tingkat risiko dari rentang TR 6–15 menjadi TR 2–6. Berdasarkan klasifikasi pada dokumen HIRARC, tidak ada risiko residual yang tetap berada pada kategori tinggi/ekstrem; residual tertinggi adalah TR 6

pada welding/painting. Namun, risiko residual TR 5 pada perjalanan, produksi/perakitan, laboratorium uji, dan keadaan darurat tetap membutuhkan kepatuhan yang ketat karena konsekuensinya masih dapat berat atau fatal. Temuan ini mendukung pendekatan HIRARC yang menilai risiko awal dan residual setelah kontrol diterapkan [(Rizkiyah & Saraswati, 2026)]

Keadaan darurat pabrik memiliki TR awal 10 dan residual TR 5. APAR, hidran, dan jalur evakuasi merupakan kontrol yang tersedia, sedangkan safety induction dan pendampingan guide menjadi pengendalian tambahan. Perjalanan pulang memiliki TR awal 15 dan residual TR 5; risiko utamanya adalah kelelahan ekstrem, mengemudi malam hari, dan microsleep. Dengan demikian, keselamatan auditor harus mencakup fase perjalanan sebelum dan sesudah audit, bukan hanya aktivitas di dalam pabrik.

Oil filling dan finished goods mempunyai risiko awal TR 8 dan residual TR 4. Tumpahan minyak menimbulkan slip and fall dan dikendalikan melalui oil spill kit, safety shoes anti-slip, serta pelaporan kepada guide. Pada finished goods, potensi robohnya transformator dari palet menghasilkan risiko tertimpa; pengendalian dilakukan dengan standar penempatan, jarak aman 1,5–2 meter, dan bantuan operator saat pemeriksaan nameplate. Opening meeting dan tinjauan dokumen memiliki risiko awal TR 6 dan residual TR 2, terutama terkait postur statis dan kabel yang menjadi trip hazard.

Laboratorium uji merupakan titik kritis karena melibatkan high-voltage test dan medan induksi elektromagnetik. Risiko awal TR 15 turun menjadi TR 5 dengan pagar pengaman, warning light/sirine, zero tolerance terhadap intervensi auditor, dan pembatasan masuk bagi auditor dengan alat medis implan. Pengendalian ini relevan dengan karakteristik bahaya pada fasilitas ketenagalistrikan, yang dapat mencakup sengatan listrik, bahan kimia, kebisingan, equipment strike, kebocoran, dan kebakaran [(Pamungkas et al., 2025)]

Incoming inspection, gudang material, dan welding/painting masing-masing memiliki risiko awal TR 12. Pada incoming inspection, bahaya berasal dari bongkar muat forklift/crane dan material dengan ujung tajam; loading bay menurunkan risiko menjadi TR 4. Pada gudang, tumpukan kumparan dan inti besi pada pallet racking serta lalu lintas hand-pallet/troli menghasilkan TR 12, yang turun menjadi TR 4 setelah pengendalian SWL dan jalur pedestrian. Pada welding/painting, paparan sinar las, spatter, uap cat, dan kebisingan grinding menghasilkan TR 12 dan turun menjadi TR 6 setelah welding curtain dan exhaust/dust collector. Pola ini sejalan dengan studi HIRADC manufaktur yang menunjukkan pentingnya kombinasi pengendalian teknis, administratif, dan APD untuk bahaya mekanis, fisik, kimia, dan material handling (Pertiwi et al., 2026).

Hasil HIRARC menunjukkan empat aktivitas dengan risiko awal TR 15, yaitu perjalanan menuju tempat audit, inspeksi area produksi dan perakitan, observasi laboratorium uji, dan perjalanan pulang. Ketiganya memiliki konsekuensi yang dapat mencapai fatalitas. Setelah pengendalian yang tersedia diterapkan, masing-masing turun menjadi TR 5. Temuan ini menunjukkan pentingnya pengendalian berlapis pada aktivitas yang melibatkan lalu lintas kendaraan, beban tergantung, energi listrik, serta fatigue perjalanan.

Dokumen HIRARC untuk kegiatan audit sertifikasi produk transformator distribusi memuat 11 tahapan, mulai dari perjalanan menuju lokasi audit, opening meeting dan tinjauan dokumen, inspeksi incoming material, gudang bahan baku, welding dan painting, winding/core/assembly, oil filling, observasi laboratorium uji, pemeriksaan finished goods,

keadaan darurat pabrik, hingga perjalanan pulang. Penilaian menggunakan peluang (P) dan akibat (A) skala 1–5 dengan tingkat risiko (TR) = P × A. Data tersebut melengkapi observasi lapangan dengan penilaian risiko yang terstruktur dan memungkinkan perbandingan risiko awal dengan risiko residual.

Analisis HIRARC Audit Sertifikasi

Analisis Temuan K3L Aktual

Observasi tumpukan material merupakan temuan K3L aktual yang paling jelas didukung oleh data penelitian. Kondisi tumpukan yang miring berpotensi menyebabkan material roboh, cedera personel, kerusakan material, dan gangguan jalur aktivitas atau evakuasi. Rekomendasi pengendalian yang tersedia meliputi penataan ulang storage, penggunaan rack atau stopper, pembatasan tinggi dan beban tumpukan, inspeksi 5R/5S, serta penandaan area.

Tabel 5. HIRARC kualitatif untuk temuan aktual

Elemen HIRARC	Hasil
Aktivitas	Observasi area penyimpanan
Sumber bahaya	Tumpukan material miring/tidak stabil
Jenis bahaya	Mekanis/fisik
Peristiwa potensial	Material roboh/jatuh
Paparan	Auditor dan personel area
Konsekuensi	Cedera, kerusakan material, gangguan jalur
Pengendalian tambahan	Rack/stopper, batas tinggi/beban, housekeeping, inspeksi
Bukti penutupan	Foto perbaikan dan checklist inspeksi

Nilai likelihood dan severity tidak diberikan pada Tabel 4 karena data penelitian tidak menyediakan frekuensi paparan dan basis kuantitatif konsekuensi. Keputusan ini menghindari false precision. Apabila data frekuensi, durasi paparan, jumlah personel terpapar, dan validasi ahli tersedia, skor R = L × S dapat ditambahkan pada penelitian lanjutan.

Analisis Bahaya Listrik

Lingkungan manufaktur transformator memiliki fasilitas pengujian yang melibatkan energi listrik. Dokumen asesmen mensyaratkan auditor mengikuti induksi K3, menggunakan APD, menjaga jarak aman, dan tidak melakukan intervensi terhadap peralatan tanpa otorisasi. Oleh karena itu, pengendalian utama adalah pembatasan akses, barricade, interlock, signage, komunikasi status pengujian, pendampingan personel berwenang, dan larangan memasuki area ketika pengujian berlangsung.

Bahaya listrik perlu diperlakukan sebagai critical hazard karena konsekuensinya dapat berat walaupun frekuensi kejadian tidak diketahui. Prinsip ini sejalan dengan literatur HIRADC pada fasilitas ketenagalistrikan yang menempatkan energi listrik, kebakaran, dan kondisi fasilitas sebagai sumber risiko yang memerlukan pengendalian berlapis [2,6].

Hubungan K3L dengan Mutu Material

Temuan storage menunjukkan hubungan langsung antara K3L dan quality. Material yang tidak stabil dapat mencederai personel sekaligus rusak sebelum digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian, pengendalian storage merupakan pengendalian keselamatan sekaligus pengendalian mutu. Hubungan ini memperkuat perspektif Teknik Industri bahwa

keselamatan, mutu, produktivitas, dan traceability tidak seharusnya dikelola sebagai sistem yang sepenuhnya terpisah.

Hubungan Audit dengan Hasil Pengujian Jenis

Setelah asesmen lapangan, sampel transformator 250 kVA menjalani pengujian jenis. Sebagian besar parameter memenuhi persyaratan, tetapi kenaikan suhu rata-rata belitan tegangan rendah tercatat 55,1 K, sedangkan batas yang digunakan adalah 55 K. Parameter tersebut dilaporkan tidak memenuhi.

Tabel 6. Ringkasan hasil pengujian kenaikan suhu

Parameter	Hasil	Batas	Status
Kenaikan suhu minyak atas	40,71 K	50 K	Memenuhi
Kenaikan suhu belitan tegangan tinggi	48,8 K	55 K	Memenuhi
Kenaikan suhu rata-rata belitan tegangan rendah	55,1 K	55 K	Tidak memenuhi

Pengujian dilaksanakan setelah asesmen lapangan, sehingga hasil 55,1 K tidak diperlakukan sebagai informasi yang telah diketahui auditor pada 21 Januari 2026. Secara metodologis, hasil tersebut digunakan sebagai bukti lanjutan dalam evidence chain sertifikasi, bukan sebagai temuan K3L yang muncul pada saat audit lapangan.

Evidence Chain dalam Sertifikasi Produk

Penelitian menghasilkan tiga lapisan bukti. Lapisan pertama adalah sistem manufaktur, yang mencakup pengendalian bahan baku, SOP proses, QC proses, QC produk jadi, pemeliharaan dan kalibrasi peralatan, kompetensi personel, serta traceability. Lapisan kedua adalah kondisi aktual di lapangan, termasuk dua LKS Minor dan satu observasi K3L. Lapisan ketiga adalah performa produk berdasarkan hasil pengujian jenis.

Ketiga lapisan tersebut membentuk hubungan: sistem manufaktur → kondisi aktual → konfigurasi produk → sampling → pengujian → evaluasi kesesuaian. Pendekatan berbasis bukti seperti ini penting agar keputusan sertifikasi tidak hanya bertumpu pada satu jenis informasi [3,5].

Checklist K3L Pra-Audit

Tabel 7. Checklist K3L pra-audit yang diusulkan

No.	Pemeriksaan	Status
1	Safety induction tersedia	Ya/Tidak/N/A
2	Jalur evakuasi diketahui	Ya/Tidak/N/A
3	Assembly point diketahui	Ya/Tidak/N/A
4	APD auditor tersedia	Ya/Tidak/N/A
5	Jalur pedestrian aman	Ya/Tidak/N/A
6	Jalur forklift teridentifikasi	Ya/Tidak/N/A
7	Area storage aman	Ya/Tidak/N/A
8	Tidak terdapat tumpukan material tidak stabil	Ya/Tidak/N/A
9	Area pengujian listrik dibatasi	Ya/Tidak/N/A

10	Status pengujian dikomunikasikan	Ya/Tidak/N/A
11	Emergency contact tersedia	Ya/Tidak/N/A
12	APAR/fasilitas tanggap darurat tersedia	Ya/Tidak/N/A
13	Bahan kimia diberi identifikasi/SDS	Ya/Tidak/N/A
14	Housekeeping memadai	Ya/Tidak/N/A
15	Pendamping area ditunjuk	Ya/Tidak/N/A
16	Kondisi khusus pekerjaan diidentifikasi	Ya/Tidak/N/A

Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko K3L pada audit asesmen berbeda dari risiko pekerja produksi. Auditor umumnya tidak mengoperasikan mesin, tetapi tetap terpapar lingkungan tempat mesin dan proses beroperasi. Karena itu, pengendalian perlu berfokus pada interface auditor dengan sistem produksi.

Temuan tumpukan material menjadi bukti bahwa bahaya dapat ditemukan pada aktivitas yang tidak secara langsung merupakan proses transformator. Storage mempunyai konsekuensi keselamatan dan mutu secara bersamaan. Pengendalian melalui rack/stopper, pembatasan beban, housekeeping, dan inspeksi 5R/5S dapat diposisikan sebagai tindakan pencegahan lintas fungsi.

Literatur HIRARC mendukung penggunaan identifikasi bahaya dan pengendalian berjenjang pada lingkungan manufaktur [1,4]. Namun, kontribusi studi ini terletak pada penerapannya terhadap aktivitas auditor sertifikasi produk, bukan hanya operator atau pekerja produksi. Hasil pengujian 55,1 K juga menunjukkan bahwa audit lapangan dan pengujian laboratorium menghasilkan jenis bukti yang berbeda. Sistem produksi dapat terlihat terkendali pada saat audit, tetapi karakteristik performa produk tetap harus dibuktikan melalui pengujian. Oleh sebab itu, evidence chain harus dipertahankan dari desain, BoM, proses, sampling, hingga pengujian.

Secara praktis, checklist pra-audit dapat digunakan untuk memastikan bahwa auditor memperoleh informasi mengenai area berbahaya sebelum asesmen dimulai. Checklist tidak menggantikan sistem K3 perusahaan, tetapi berfungsi sebagai lapisan pengendalian tambahan khusus untuk kegiatan asesmen.

Penelitian merupakan studi kasus pada satu manufaktur sehingga generalisasi ke seluruh industri transformator perlu dilakukan secara hati-hati.

Data HIRARC menyediakan skor peluang dan akibat untuk 11 tahapan audit, tetapi penelitian tidak melakukan validasi independen terhadap bobot setiap skor. Karena itu, angka risiko diperlakukan sebagai hasil penilaian pada dokumen HIRARC yang digunakan dalam studi kasus, bukan sebagai nilai universal.

Hanya satu observasi K3L yang terdokumentasi secara eksplisit sebagai temuan aktual, yaitu kondisi tumpukan material.

Hasil pengujian jenis diperoleh setelah asesmen lapangan sehingga tidak digunakan sebagai informasi yang diketahui auditor pada saat asesmen.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa audit asesmen sertifikasi transformator distribusi di PT X melibatkan potensi bahaya K3L yang mencakup energi listrik, peralatan mekanis, pemindahan dan penyimpanan material, bahan kimia, kebisingan, ergonomi, serta kelelahan perjalanan. Berdasarkan dokumen HIRARC, penerapan pengendalian pada 11 tahapan kegiatan menghasilkan perubahan skor risiko awal dari rentang 6–15 menjadi risiko residual 2–6. Perubahan tersebut merupakan hasil penilaian dalam dokumen yang digunakan, bukan bukti pengukuran efektivitas pengendalian secara independen. Temuan K3L aktual yang terdokumentasi adalah tumpukan material miring yang berpotensi membahayakan personel dan merusak material. Pengendalian perlu menekankan pembatasan akses, pendampingan auditor, pengamanan area pengujian, penataan penyimpanan, dan kesiapsiagaan darurat. Penelitian ini menghasilkan usulan checklist K3L pra-audit serta menegaskan pentingnya membedakan potensi bahaya, temuan lapangan, dan hasil pengujian produk yang diperoleh setelah asesmen.

Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan beberapa manufaktur transformator dan kegiatan asesmen berulang untuk menguji keterterapan hasil pada kondisi operasional yang berbeda. Penilaian risiko perlu diperkuat melalui pencatatan frekuensi dan durasi paparan, jumlah personel terpapar, kejadian nyaris celaka, serta validasi oleh ahli K3 dan auditor sertifikasi. Checklist pra-audit yang diusulkan juga perlu diuji validitas, konsistensi penggunaannya, dan efektivitasnya dalam mendukung identifikasi bahaya serta kepatuhan terhadap pengendalian. Selain itu, penelitian lanjutan dapat menelaah keterkaitan keselamatan penyimpanan dengan mutu material dan ketertelusuran produk, tanpa langsung mengasumsikan hubungan sebab-akibat terhadap hasil pengujian. Pengembangan tersebut diharapkan menghasilkan instrumen keselamatan auditor yang lebih andal dan rekomendasi pengendalian yang didukung bukti empiris.

PENDANAAN

Penelitian dan penyusunan artikel ini dilakukan secara mandiri tanpa dukungan pendanaan dari pihak eksternal.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik yang bersifat pribadi, komersial, maupun finansial, yang dapat memengaruhi pelaksanaan dan hasil penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Taufik Rifiandi, Victor Assani Desiawan berkontribusi dalam perancangan penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, pengembangan sistem, analisis hasil, serta penyusunan naskah artikel.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL GENERATIF

Dalam proses penyusunan artikel ini, penulis menggunakan kecerdasan artifisial (AI) generatif sebagai alat bantu dalam penyempurnaan bahasa, penyusunan struktur tulisan, dan perbaikan tata bahasa. Penggunaan AI dilakukan secara terbatas dan tetap berada di bawah pengawasan penulis. Seluruh data, analisis, interpretasi, dan substansi ilmiah dalam artikel ini

telah diperiksa dan diverifikasi oleh penulis. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya terhadap keakuratan, keaslian, serta isi akhir naskah

REFERENSI

Ahmad, A. C., Zin, I. N. M., Othman, M. K., & Muhamad, N. H. (2016). Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Accidents at Power Plant. *MATEC Web of Conferences*, *66*, 105. https://doi.org/10.1051/matecconf/20166600105

Dziegielewska, P., Konarkowska, O., & Gorny, A. (2022). Adapting an OHS Management System to ISO 45001 Requirements: Ensuring System Management Effectiveness. *European Research Studies Journal*, *25*(1), 809–819. https://doi.org/10.35808/ersj/2888

Genç, H., & Demirel, A. (2025). *Challenges in Occupational Health and Safety Audits*.

Gultom, D. C. U., Adam, I., & Sukwika, T. (2025). Risk Assessment of Occupational Health and Safety in Lifting Operations Using the HIRADC Method. *Journal of Applied Management Research*, *5*(1).

Hardinata, D. A., Adnyani, I. A. S., & Nrartha, I. M. A. (2024). Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRARC pada Pemeliharaan Gardu Distribusi di ULP PLN Praya. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, *7*(3), 1705–1711. https://doi.org/10.31004/jutin.v7i3.31211

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19011:2018 Guidelines for auditing management systems*. International Organization for Standardization.

International Organization for Standardization, & International Electrotechnical Commission. (2012). *ISO/IEC 17065:2012 Conformity assessment — Requirements for bodies certifying products, processes and services*. ISO.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2021 tentang Keselamatan Ketenagalistrikan, (2021).

Mawaddah, A., Setiawan, & Purwanto, C. (2026). Implementation of Job Safety Analysis and HIRADC as Occupational Risk Control Strategies in the Preventive Maintenance Process at PT XYZ. *Journal La Multiapp*, *7*(3).

Pamungkas, I., Akmal, A. K., Irawan, H., & Azhar. (2025). Hazard Identification and Risk Management for Occupational Safety and Health at PT. PLN (Persero) Transmisi dan Gardu Induk Meulaboh. *Jurnal Inotera*, *10*(1).

Pertiwi, D. S., Putri, T. S., Maryam, K. F., & Parapat, R. Y. (2026). Identification and Control of Occupational Hazards in Recycled Paper Production Using the HIRADC Method. *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology*, *4*(2), 1835–1845. https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10047

Pratama, A. Z. W., Wardana, H., Mulia, Ritonga, D. A., Suardi, & Zulfikar, A. J. (2025). Hazard Analysis and Risk Control in Industrial Building Construction Work: A Review Article. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, *12*(2).

PT PLN (Persero). (2025). *SPLN D3.002-1:2025 Spesifikasi transformator distribusi — Bagian 1: Transformator fase tiga*. PT PLN (Persero).

Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, (2009).

Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran, (2014).

Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2019 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran, (2019).

Rizkiyah, E., & Saraswati, L. P. I. (2026). Risk Analysis of Work Accidents Using HIRADC and JSA to Achieve Zero Accident in the Electricity Industry. *Metris: Jurnal Sains Dan Teknologi*, *27*(1), 18–32. https://doi.org/10.25170/metris.v27i01.7656

Rkt, A. W., & Chandra, J. (2025). Analisa Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode HIRADC pada Pekerjaan Penggantian Trafo 3 GIS Penggilingan. *Jurnal Praktik Keinsinyuran*, *2*(4), 449–459. https://doi.org/10.25170/jpk.v2i04.6925

Sadeghi-Yarandi, M., Torabi-Gudarzi, S., Asadi, N., Golmohammadpour, H., Ahmadi-Moshiran, V., Taheri, M., Ghasemi-Koozekonan, A., Soltanzadeh, A., & Alimohammadi, B. (2023). Development of a novel Electrical Industry Safety Risk Index (EISRI) in the electricity power distribution industry based on fuzzy analytic hierarchy process (FAHP). *Heliyon*, *9*(2), e13155. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13155

Suryomukti, M., & Saragih, Y. (2024). Analisis Risiko di Area Switchyard PT.PLN Gardu Induk Kosambi Menggunakan Metode HIRARC. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, *5*(2), 1–11. https://doi.org/10.14710/jebt.2024.22625