



Evaluasi Penerapan Aspek Ergonomi dan Keselamatan Kerja Berdasarkan Temuan Inspeksi Human Factors Engineering (HFE) di Pabrik Shell Manufacturing Indonesia (GMP)

Dwi Wahyudi, Alizar

Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara

dwhydi2607@gmail.com

Abstrak

Industri manufaktur memiliki kompleksitas risiko kerja yang tinggi karena interaksi antara pekerja, peralatan, tata letak, akses, dan sistem kerja dapat menimbulkan risiko ergonomi maupun keselamatan. Pabrik Shell Manufacturing Indonesia (GMP) telah menerapkan standar Human Factors Engineering (HFE), namun hasil inspeksi masih menunjukkan kesenjangan antara persyaratan desain dan kondisi aktual di lapangan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penerapan aspek ergonomi dan keselamatan kerja berdasarkan temuan inspeksi HFE di Pabrik Shell GMP periode Juli–Desember 2025, mengidentifikasi pola temuan, serta menentukan prioritas perbaikan. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode studi kasus dokumentasi. Data sekunder berasal dari 64 temuan HFE Sitewalk Check List yang dianalisis berdasarkan level risiko, kategori pekerjaan, lokasi, dampak ergonomi, dampak keselamatan, dan kesesuaian dengan standar Shell Access and Workspace. Hasil menunjukkan Structure Modification menjadi kategori dominan sebesar 29,7%, diikuti Reorientation Work sebesar 18,8%. Sebagian besar temuan berada pada level Low sebesar 60,9%, sedangkan Medium dan High secara kumulatif mencapai 39,1%. Dampak keselamatan tercatat pada 68,8% temuan dan dampak ergonomi pada 32,8%, dengan Area Minibulk sebagai lokasi temuan terbanyak sebesar 20,3%. Enam temuan berisiko High berkaitan dengan akses, platform, tangga, jalur evakuasi, dan clearance sehingga memerlukan tindakan segera. Hasil penelitian menegaskan perlunya perbaikan berbasis prioritas risiko, integrasi HFE sejak tahap desain, verifikasi lapangan, dan penguatan koordinasi antara tim engineering, konstruksi, serta HSE.

Kata kunci: Ergonomi, Keselamatan Kerja, Human Factors Engineering, Inspeksi HFE, Manufaktur.

Abstract

Manufacturing operations involve complex occupational risks because interactions among workers, equipment, access systems, workplace layout, and work procedures can generate ergonomic and safety hazards. Shell Manufacturing Indonesia (GMP) has implemented Human Factors Engineering (HFE) standards; however, inspection records still indicate gaps between design requirements and actual field conditions. This study aims to evaluate the implementation of ergonomics and occupational safety based on HFE inspection findings at the Shell GMP plant during July–December 2025, identify the distribution of findings, and establish improvement priorities. A quantitative descriptive approach with a documentary case-study method was applied. Secondary data consisted of 64 findings from the HFE Sitewalk Check List and were analyzed according to risk level, work category, location, ergonomic impact, safety impact, and conformity with Shell Access and Workspace standards. The results show that Structure Modification was the dominant category at 29.7%, followed by Reorientation Work at 18.8%. Most findings were classified as Low risk at 60.9%, while Medium and High findings jointly accounted for 39.1%. Safety-related impacts were identified in 68.8% of findings and ergonomic impacts in 32.8%, with the Minibulk area recording the highest proportion of findings at 20.3%. Six High-risk findings related to access, platforms, ladders, evacuation routes, and clearances require immediate corrective action. The study indicates that risk-based prioritization, early integration of HFE into design, field verification, and stronger coordination among engineering, construction, and HSE teams are essential for improving workplace conditions.

Keywords: Ergonomics, Occupational Safety, Human Factors Engineering, HFE Inspection, Manufacturing.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur merupakan sektor yang memiliki kompleksitas risiko kerja yang tinggi. Proses produksi yang melibatkan peralatan berat, material berbahaya, dan aktivitas manual yang berulang menjadikan sektor ini rentan terhadap kecelakaan kerja. Kementerian Ketenagakerjaan mencatat bahwa jumlah kasus kecelakaan kerja mengalami peningkatan setiap tahunnya, dengan sektor manufaktur dan konstruksi menjadi dua penyumbang

terbesar. Kurangnya perhatian terhadap aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dapat mengakibatkan cedera ringan hingga fatal, yang pada akhirnya menurunkan produktivitas dan meningkatkan biaya operasional perusahaan.

Penerapan ergonomi di tempat kerja menjadi salah satu upaya penting untuk mengurangi risiko kecelakaan dan cedera, karena berperan dalam menyesuaikan desain tempat kerja, peralatan, dan sistem kerja dengan kemampuan dan keterbatasan manusia. Pabrik Shell Manufacturing Indonesia (GMP) yang terletak di Marunda, Bekasi, merupakan fasilitas produksi gemuk (grease) pertama Shell di Indonesia dengan kapasitas produksi 12 kiloton per tahun. Shell sebagai perusahaan energi global telah menerapkan standar Human Factors Engineering (HFE) yang terintegrasi dalam proyek-proyeknya. Namun, berdasarkan dokumen inspeksi HFE periode Juli–Desember 2025, masih ditemukan berbagai temuan yang menunjukkan kesenjangan antara standar yang ditetapkan dengan kondisi aktual di lapangan, mencakup akses ruang yang tidak memadai, desain peralatan yang kurang ergonomis, fasilitas pengaman yang belum sesuai standar, serta marka dan identifikasi yang tidak jelas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab tiga pertanyaan utama, yaitu bagaimana klasifikasi temuan inspeksi HFE berdasarkan level risiko, kategori pekerjaan, dan lokasi; bagaimana dampak temuan terhadap aspek ergonomi dan keselamatan kerja; serta bagaimana prioritas perbaikan yang dapat dirumuskan berdasarkan hasil analisis tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan temuan inspeksi HFE, menganalisis dampaknya terhadap aspek ergonomi dan keselamatan kerja, serta menentukan prioritas perbaikan di Pabrik Shell Manufacturing Indonesia (GMP), sehingga dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam merumuskan langkah perbaikan yang terukur dan terarah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode studi kasus dokumentasi pada Pabrik Shell Manufacturing Indonesia (GMP). Data yang digunakan bersifat sekunder dan retrospektif, bersumber dari dokumen HFE Sitewalk Check List Shell GMP periode Juli–Desember 2025 yang disusun oleh tim HSE Shell GMP bersama kontraktor pelaksana Tripatra, serta dokumen standar Shell Access and Workspace (DEP 30.00.60.18 dan DEP 30.00.60.20) sebagai acuan penilaian kesesuaian. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah total sampling (sensus), yaitu seluruh 64 temuan inspeksi dijadikan objek analisis karena jumlahnya terbatas dan dapat dijangkau secara keseluruhan.

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, identifikasi permasalahan, pengumpulan data, klasifikasi dan verifikasi data, analisis distribusi frekuensi, serta perumusan prioritas perbaikan. Setiap temuan direkapitulasi ke dalam lembar spreadsheet dan dikelompokkan berdasarkan level risiko (High, Medium, Low), kategori pekerjaan (Structure Modification, Reorientation Work, dan lain-lain), serta lokasi area kerja. Persentase distribusi dihitung dengan rumus $P = (f/n) \times 100\%$, dengan P adalah persentase, f adalah frekuensi temuan pada suatu kategori, dan n adalah jumlah total temuan ($n = 64$).

Dampak setiap temuan terhadap aspek ergonomi dan keselamatan kerja ditentukan melalui analisis isi (content analysis) berbasis kata kunci terhadap deskripsi dampak yang tercantum pada dokumen sumber. Temuan diberi kode “berdampak” pada suatu aspek apabila deskripsi dampaknya memuat kata kunci yang merepresentasikan aspek tersebut — misalnya postur, jangkauan, dan muskuloskeletal untuk aspek ergonomi, atau jatuh, tersandung, dan evakuasi untuk aspek keselamatan kerja. Suatu temuan dapat dikodekan pada lebih dari satu aspek sekaligus, sedangkan temuan yang tidak memuat kata kunci dari kedua aspek dikelompokkan sebagai kategori Operasional/Administratif. Temuan yang memuat referensi eksplisit terhadap klausul standar Shell Access and Workspace selanjutnya dibandingkan secara deskriptif-komparatif untuk menentukan status kesesuaiannya. Prioritas perbaikan kemudian dirumuskan berdasarkan level risiko, dengan temuan High sebagai prioritas darurat, Medium sebagai prioritas jangka pendek, dan Low sebagai prioritas jangka menengah yang dapat ditangani secara bertahap.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Distribusi Temuan Berdasarkan Level Risiko

Dari 64 temuan yang dianalisis, sebagian besar berada pada level risiko Low, yaitu 39 temuan (60,9%), diikuti level Medium sebanyak 19 temuan (29,7%), dan level High sebanyak 6 temuan (9,4%). Meskipun temuan Low

mendominasi secara jumlah, temuan Medium dan High yang secara kumulatif mencapai 39,1% (25 temuan) tetap memerlukan perhatian serius karena berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak segera ditindaklanjuti. Enam temuan dengan level risiko High menjadi prioritas utama perbaikan karena berkaitan langsung dengan keselamatan jiwa pekerja, khususnya pada akses tangga, platform ketinggian, dan jalur evakuasi.

3.2 Distribusi Temuan Berdasarkan Kategori Pekerjaan

Kategori Structure Modification mendominasi dengan 19 temuan (29,7%), menunjukkan bahwa permasalahan struktur fisik seperti tangga, platform, handrail, dan railing merupakan isu terbesar di Pabrik Shell GMP. Kategori Reorientation Work menempati urutan kedua dengan 12 temuan (18,8%), berkaitan dengan orientasi valve, panel, dan tuas yang belum optimal untuk pengoperasian sehingga berpotensi menimbulkan postur kerja yang tidak ergonomis. Kategori E&I Work, Piping Modification, dan Label/Marking/Labeling masing-masing berkontribusi 9,4% (6 temuan), sedangkan Mechanical Work sebesar 7,8% (5 temuan) dan Civil Work sebesar 6,3% (4 temuan). Kategori Name Plate, CPI, dan Support masing-masing berkontribusi 3,1% (2 temuan).

3.3 Distribusi Temuan Berdasarkan Lokasi

Area Minibulk merupakan lokasi dengan temuan terbanyak, yaitu 20,3% (13 temuan), didominasi oleh permasalahan akses dan permukaan kerja. Area Blending menempati urutan kedua dengan 12,5% (8 temuan), umumnya berkaitan dengan orientasi peralatan, diikuti Hot Oil Package sebesar 10,9% (7 temuan) yang terutama berkaitan dengan handrail, ladder rung, dan grating drain line. Area Minibulk dan Blending secara bersama-sama menyumbang 32,8% dari seluruh temuan, mengindikasikan kompleksitas risiko yang relatif lebih tinggi pada kedua area tersebut dibandingkan area produksi lainnya, kemungkinan berkaitan dengan tingginya intensitas aktivitas manual serta banyaknya titik akses valve dan panel.

3.4 Dampak Temuan terhadap Aspek Ergonomi dan Keselamatan Kerja

Hasil analisis isi menunjukkan bahwa dampak temuan lebih besar terhadap aspek keselamatan kerja, yaitu 44 temuan (68,8%), didominasi oleh risiko jatuh dari ketinggian, kehilangan keseimbangan, tersandung/terbentur, serta hambatan pada jalur evakuasi darurat. Dampak terhadap aspek ergonomi tercatat pada 21 temuan (32,8%), terutama terkait jarak bebas tangan (hand clearance) yang tidak memenuhi standar minimum 75 mm, jarak bebas pengoperasian valve kurang dari 700 mm, serta posisi peralatan yang menimbulkan postur kerja tidak alami. Sebanyak 6 temuan (9,4%) berdampak pada kedua aspek sekaligus, sedangkan 5 temuan (7,8%) bersifat operasional/administratif karena hanya berkaitan dengan kelengkapan label identifikasi peralatan tanpa dampak langsung terhadap ergonomi maupun keselamatan kerja.

3.5 Analisis Temuan Risiko Tinggi dan Kesesuaian dengan Standar

Enam temuan dengan level risiko High harus segera ditangani karena menyangkut keselamatan jiwa pekerja secara langsung, di antaranya platform stack yang belum memenuhi standar HFE di area Boiler Package, serta tangga yang belum dilengkapi rung sejajar bordes di area Blending dan Hot Oil Package. Berdasarkan dokumen standar Shell Access and Workspace, seluruh temuan yang memuat referensi eksplisit terhadap klausul standar dinyatakan tidak sesuai (not compliant) pada saat inspeksi dilakukan, mencakup ketentuan jarak bebas tangan pada valve, jarak bebas operasional di depan valve, kesejajaran anak tangga dengan bordes, ketinggian anak tangga yang beragam, verifikasi handrail pada platform, kebebasan jalur evakuasi, serta ketinggian bebas minimum jalur pejalan kaki. Temuan ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara standar desain yang ditetapkan korporasi dengan kondisi aktual di lapangan pada tahap konstruksi, yang kemungkinan disebabkan oleh kurangnya koordinasi antara tim konstruksi dan tim HSE dalam penentuan posisi peralatan pada tahap rekayasa awal.

3.6 Pembahasan

Dominasi kategori Structure Modification menunjukkan bahwa permasalahan struktural seperti tangga, platform, dan railing yang belum memenuhi standar HFE Shell masih menjadi tantangan utama pada tahap konstruksi. Kesenjangan pada aspek orientasi peralatan, yang tercermin dari tingginya temuan Reorientation Work, kemungkinan disebabkan oleh kurangnya koordinasi antara tim konstruksi dan tim HSE dalam penentuan posisi peralatan pada tahap rekayasa awal, serta perubahan desain di lapangan yang tidak sepenuhnya mengacu pada

standar HFE Shell — kondisi ini berdampak pada timbulnya postur kerja yang tidak ergonomis dan potensi cedera muskuloskeletal akibat gerakan memutar, membungkuk, atau menjangkau secara berlebihan.

Lebih besarnya dampak temuan terhadap aspek keselamatan kerja (68,8%) dibandingkan ergonomi (32,8%) menunjukkan bahwa prioritas perbaikan sebaiknya diarahkan terlebih dahulu pada penanganan risiko keselamatan yang bersifat akut, seperti risiko jatuh dan hambatan jalur evakuasi, khususnya pada 6 temuan level High. Meskipun demikian, perbaikan pada aspek ergonomi tetap perlu dilakukan secara bertahap untuk mencegah timbulnya keluhan muskuloskeletal pada pekerja dalam jangka panjang, mengingat 6 dari 21 temuan berdampak ergonomi juga berdampak sekaligus pada aspek keselamatan kerja, sehingga perbaikan pada temuan tersebut memberikan manfaat ganda. Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian terdahulu pada sektor manufaktur yang menunjukkan tingginya prevalensi keluhan muskuloskeletal akibat postur kerja yang tidak ergonomis.

3.7 Prioritas Perbaikan Berbasis Level Risiko

Distribusi level risiko memperlihatkan bahwa mayoritas temuan berada pada kategori Low, namun kondisi tersebut tidak dapat ditafsirkan sebagai tingkat penerapan HFE yang telah memadai. Sebanyak 25 dari 64 temuan atau 39,1% berada pada level Medium dan High. Proporsi ini menunjukkan bahwa masih terdapat kelompok ketidaksesuaian yang memerlukan tindakan lebih cepat karena konsekuensinya dapat berkaitan dengan akses, kestabilan tubuh, evakuasi, dan interaksi pekerja dengan fasilitas kerja. Oleh karena itu, pendekatan perbaikan sebaiknya tidak semata-mata didasarkan pada jumlah temuan, tetapi mempertimbangkan tingkat keparahan konsekuensi serta kemungkinan pekerja terpapar kondisi tersebut. Enam temuan High perlu ditempatkan sebagai prioritas koreksi segera, sedangkan temuan Medium dapat dijadwalkan dalam program perbaikan jangka pendek dengan penanggung jawab dan tenggat yang jelas. Temuan Low tetap perlu ditutup secara bertahap agar tidak menjadi kondisi laten yang terakumulasi dan meningkatkan paparan risiko di kemudian hari.

Pendekatan berbasis prioritas tersebut sejalan dengan prinsip pengendalian risiko yang menempatkan eliminasi dan rekayasa teknis sebagai pilihan yang lebih kuat dibandingkan ketergantungan pada perilaku pekerja. Dalam konteks temuan penelitian ini, perbaikan platform, tangga, handrail, clearance, jalur evakuasi, serta orientasi valve dan panel pada dasarnya merupakan bentuk pengendalian pada sumber risiko. Hal tersebut penting karena ketidaksesuaian desain dapat terus memaparkan pekerja meskipun prosedur kerja dan pelatihan telah tersedia. Vigoroso et al. (2025) menekankan perlunya integrasi human factors dan ergonomics ke dalam design for safety agar isu keselamatan tidak baru ditangani setelah fasilitas digunakan. Dengan demikian, hasil inspeksi HFE di Shell GMP dapat diposisikan bukan hanya sebagai daftar ketidaksesuaian, tetapi sebagai umpan balik desain yang perlu diterjemahkan menjadi tindakan engineering yang terukur.

3.8 Implikasi Temuan Structure Modification dan Reorientation Work

Dominasi Structure Modification sebesar 29,7% menunjukkan bahwa persoalan utama tidak hanya berkaitan dengan perilaku atau kepatuhan pekerja, melainkan juga dengan karakteristik fisik fasilitas. Tangga, platform, railing, grating, dan akses kerja merupakan elemen yang digunakan berulang kali selama operasi maupun kegiatan pemeliharaan. Apabila dimensi, posisi, atau perlindungannya tidak sesuai, maka pekerja dapat menghadapi risiko tersandung, kehilangan keseimbangan, jatuh, atau kesulitan mencapai titik kerja. Pada fasilitas industri, masalah tersebut perlu ditangani melalui peninjauan gambar desain, pengecekan as-built condition, dan verifikasi langsung terhadap cara pekerja mengakses peralatan. Penanganan yang hanya bersifat administratif berpotensi tidak menyelesaikan sumber masalah apabila konfigurasi fisik tetap sama.

Reorientation Work yang mencapai 18,8% juga memberikan informasi penting mengenai kualitas penempatan peralatan terhadap kemampuan manusia. Posisi valve, panel, tuas, atau komponen yang terlalu rendah, terlalu tinggi, terlalu jauh, atau mengharuskan pekerja memutar tubuh dapat meningkatkan tuntutan biomekanik. Mokhtarina et al. (2024) menunjukkan bahwa faktor fisik, kognitif, dan lingkungan ergonomi memiliki hubungan dengan gangguan muskuloskeletal pada pekerja industri komponen otomotif. Mohd Nizan et al. (2024) juga memperlihatkan bahwa penilaian ergonomi menggunakan RULA dan REBA dapat mengidentifikasi tugas berisiko tinggi dan bahwa rancangan workstation yang diperbaiki mampu menurunkan tingkat risiko. Temuan tersebut mendukung pentingnya menindaklanjuti kategori Reorientation Work melalui evaluasi posisi kerja aktual, terutama untuk aktivitas yang dilakukan berulang atau membutuhkan gaya fisik.

Pada tahap perbaikan, kebutuhan operasional dan pemeliharaan perlu dipertimbangkan bersama. Peralatan yang secara proses dapat berfungsi dengan baik belum tentu aman dan nyaman ketika dioperasikan manusia. Karena itu, penerapan HFE perlu memastikan bahwa pekerja memiliki ruang gerak yang cukup, jarak jangkauan wajar, visualisasi yang jelas, serta akses yang tidak memaksa postur ekstrem. Prinsip ini dapat mengurangi kebutuhan pekerja untuk melakukan kompensasi gerak yang berpotensi meningkatkan risiko cedera.

3.9 Integrasi HFE pada Tahap Desain, Konstruksi, dan Management of Change

Pola temuan yang muncul pada elemen struktural dan orientasi peralatan mengindikasikan pentingnya integrasi HFE lebih awal dalam siklus proyek. Inspeksi pada tahap akhir dapat menemukan ketidaksesuaian, tetapi biaya dan kompleksitas koreksi cenderung meningkat apabila perubahan baru dilakukan setelah instalasi selesai. Oleh sebab itu, evaluasi human factors sebaiknya dimasukkan dalam design review, model review, constructability review, dan pre-commissioning inspection. Setiap perubahan lapangan yang memengaruhi akses, ruang kerja, atau orientasi peralatan juga perlu melalui proses verifikasi agar tidak menghasilkan deviasi baru dari persyaratan HFE.

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk membangun daftar pemeriksaan berbasis temuan aktual. Misalnya, temuan terkait hand clearance, operational clearance, ladder rung, handrail, dan jalur evakuasi dapat dijadikan item pemeriksaan wajib pada area lain yang memiliki konfigurasi serupa. Pendekatan tersebut memungkinkan organisasi melakukan pembelajaran lintas area, bukan hanya menutup satu temuan secara individual. Vigoroso et al. (2025) mengidentifikasi masih adanya kesenjangan antara pengetahuan ergonomi dan penerapannya dalam design for safety pada konteks industri. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan standar saja belum cukup apabila tidak diterjemahkan ke dalam proses desain, koordinasi antardisiplin, dan verifikasi lapangan yang konsisten.

Penguatan Management of Change juga relevan karena modifikasi kecil pada piping, platform, posisi valve, atau struktur pendukung dapat memengaruhi akses pekerja. Setiap perubahan yang dianggap minor dari sisi proses dapat menghasilkan dampak besar dari sisi human factors apabila mempersempit ruang kerja atau memindahkan titik operasi ke posisi yang sulit dijangkau. Oleh karena itu, form perubahan desain sebaiknya menyertakan pertanyaan khusus mengenai ergonomi, akses operasi, akses pemeliharaan, jalur evakuasi, serta kemungkinan postur kerja tidak netral. Dengan demikian, HFE menjadi bagian dari pengendalian perubahan dan bukan kegiatan inspeksi yang berdiri sendiri.

3.10 Pengendalian Risiko Ergonomi dan Pencegahan Keluhan Muskuloskeletal

Dampak ergonomi teridentifikasi pada 21 temuan atau 32,8% dari seluruh temuan. Angka ini penting karena risiko ergonomi umumnya bersifat kumulatif dan tidak selalu menimbulkan kejadian akut yang langsung terlihat. Postur membungkuk, memutar badan, menjangkau terlalu jauh, atau bekerja pada ruang terbatas dapat menghasilkan beban fisik berulang yang dalam jangka panjang meningkatkan kemungkinan keluhan muskuloskeletal. Nurhanisah et al. (2024) melaporkan tingginya prevalensi gejala muskuloskeletal pada pekerja industri dan menunjukkan bahwa karakteristik tugas serta durasi kerja merupakan faktor yang perlu diperhatikan. Hasil tersebut memperkuat alasan agar temuan ergonomi pada area produksi tidak dipandang sebagai isu kenyamanan semata.

Untuk area dengan temuan ergonomi berulang, evaluasi lanjutan dapat menggunakan metode observasional seperti REBA atau RULA, sebagaimana juga direkomendasikan dalam kesimpulan penelitian ini. Metode tersebut dapat membantu mengubah temuan kualitatif menjadi skor risiko postur yang lebih terstruktur, sehingga prioritas intervensi dapat dibandingkan antartugas. Brosche et al. (2024) menunjukkan bahwa analisis ergonomi berbasis gerakan dapat dikembangkan lebih individual dengan mempertimbangkan kemampuan pekerja dan karakteristik workstation. Walaupun penggunaan motion capture tidak harus menjadi langkah pertama, prinsip individualisasi penting karena kemampuan fisik, antropometri, dan batas gerak pekerja tidak selalu sama.

Selain rekayasa fisik, organisasi dapat menggunakan rotasi kerja, micro-break yang sesuai, serta pelatihan cara kerja sebagai pengendalian pendukung. Namun, pengendalian administratif sebaiknya tidak menggantikan perbaikan desain ketika sumber risiko berasal dari posisi peralatan atau akses yang tidak memadai. Pada konteks Shell GMP, koreksi terhadap clearance dan orientation dapat memberikan manfaat langsung karena mengurangi kebutuhan pekerja melakukan gerakan kompensasi. Evaluasi setelah perbaikan juga diperlukan untuk memastikan bahwa modifikasi yang dibuat benar-benar menurunkan paparan dan tidak memindahkan risiko ke aktivitas lain.

3.11 Penguatan Sistem Keselamatan, Partisipasi Pekerja, dan Verifikasi Efektivitas

Temuan keselamatan kerja yang mencapai 68,8% menunjukkan bahwa tindak lanjut inspeksi perlu dikaitkan dengan sistem manajemen keselamatan secara lebih luas. Penutupan temuan sebaiknya tidak hanya dinilai berdasarkan status administrasi selesai, tetapi juga berdasarkan efektivitas perbaikan di lapangan. Verifikasi dapat mencakup inspeksi ulang, dokumentasi foto sebelum dan sesudah, konfirmasi kesesuaian dimensi terhadap standar, serta observasi terhadap cara pekerja menggunakan akses atau peralatan setelah perubahan dilakukan. Pendekatan tersebut membantu memastikan bahwa *corrective action* menghilangkan atau menurunkan sumber risiko, bukan sekadar memenuhi persyaratan dokumentasi.

Partisipasi pekerja juga dapat meningkatkan kualitas tindak lanjut karena operator dan teknisi pemeliharaan merupakan pihak yang paling sering berinteraksi dengan fasilitas. Informasi mengenai titik yang sulit dijangkau, gerakan yang tidak nyaman, hambatan visual, atau akses yang mengganggu pekerjaan rutin dapat memperkaya hasil inspeksi formal. Abdollahpour dan Helali (2022) menunjukkan manfaat transfer pengetahuan ergonomi dalam proses *participatory ergonomics*, sedangkan Dankachata et al. (2023) menunjukkan bahwa intervensi keselamatan berbasis partisipasi dan program perilaku dapat mendukung peningkatan perilaku keselamatan. Dengan demikian, pekerja dapat dilibatkan pada tahap identifikasi, validasi solusi, dan evaluasi pascaperbaikan.

Dalam jangka menengah, organisasi dapat membangun indikator kinerja HFE yang lebih spesifik, misalnya persentase penutupan temuan High dan Medium, waktu rata-rata penutupan, jumlah temuan berulang, serta proporsi *corrective action* yang telah diverifikasi efektif. Indikator tersebut akan membuat pengelolaan HFE lebih terukur. Temuan berulang pada jenis fasilitas yang sama perlu dianalisis sebagai sinyal adanya masalah sistemik pada standar desain, proses *procurement*, konstruksi, atau *quality control*. Jika pola yang sama muncul di banyak area, tindakan korektif sebaiknya diarahkan pada prosedur atau spesifikasi desain, bukan hanya pada titik fisik yang ditemukan.

3.12 Implikasi bagi Produktivitas, Keandalan Operasi, dan Pembelajaran Organisasi

Perbaikan ergonomi dan keselamatan tidak hanya berkaitan dengan pencegahan cedera, tetapi juga dapat mendukung kelancaran operasi. Akses yang baik mempermudah pekerja melakukan inspeksi, pengoperasian, dan pemeliharaan, sedangkan ruang kerja yang sesuai dapat mengurangi waktu yang terbuang untuk mencari posisi aman atau menggunakan cara kerja alternatif. Lowe et al. (2023) menunjukkan melalui berbagai studi kasus manufaktur bahwa intervensi teknologi dan rekayasa yang menurunkan faktor risiko muskuloskeletal juga dapat disertai peningkatan produktivitas pada banyak kasus. Hal ini memberi dasar bahwa investasi pada perbaikan HFE dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari peningkatan performa sistem kerja, bukan hanya biaya kepatuhan.

Pada penelitian ini, area Minibulk dan Blending menyumbang proporsi temuan yang relatif tinggi. Kondisi tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan evaluasi lebih mendalam pada aktivitas rutin di kedua area. Pengamatan terhadap frekuensi akses, jenis pekerjaan, jumlah pekerja yang terpapar, serta durasi tugas akan membantu menentukan apakah suatu modifikasi memiliki manfaat yang luas. Prioritas dapat diberikan pada perbaikan yang menyelesaikan beberapa risiko sekaligus, misalnya perubahan platform yang meningkatkan akses, mengurangi postur tidak netral, dan memperbaiki keselamatan terhadap risiko jatuh.

Pembelajaran organisasi perlu dibangun dari seluruh siklus inspeksi. Data temuan sebaiknya dianalisis secara berkala untuk mengetahui tren kategori, lokasi, dan jenis ketidaksesuaian. Hasil analisis kemudian dapat digunakan untuk memperbarui checklist, materi briefing, spesifikasi konstruksi, dan kriteria penerimaan pekerjaan. Dengan cara ini, inspeksi HFE berfungsi sebagai mekanisme pembelajaran yang mencegah pengulangan desain tidak sesuai pada proyek berikutnya. Pendekatan ini selaras dengan perspektif HFE modern yang menempatkan manusia sebagai bagian integral dari desain sistem kerja, bukan sebagai pihak yang harus menyesuaikan diri terhadap desain yang sudah selesai.

3.13 Rekomendasi Roadmap Perbaikan dan Evaluasi Berkelanjutan

Berdasarkan distribusi risiko, kategori pekerjaan, dan lokasi temuan, roadmap perbaikan dapat dibagi menjadi tiga horizon. Horizon pertama adalah tindakan segera terhadap seluruh temuan High, terutama yang berhubungan dengan risiko jatuh, akses platform, jalur evakuasi, tangga, dan clearance. Pada tahap ini, perusahaan perlu menetapkan pemilik tindakan, target waktu, kebutuhan isolasi atau pembatasan area sementara, serta bukti

verifikasi setelah modifikasi selesai. Horizon kedua adalah penanganan temuan Medium dan pengelompokan temuan sejenis agar solusi dapat diterapkan secara konsisten pada area yang memiliki konfigurasi serupa. Horizon ketiga adalah penyelesaian temuan Low, standarisasi pembelajaran, dan pencegahan temuan berulang melalui pembaruan checklist maupun spesifikasi desain.

Evaluasi efektivitas perlu dilakukan setelah tindakan perbaikan selesai. Untuk temuan keselamatan, verifikasi dapat menilai akses, dimensi, proteksi jatuh, keterbukaan jalur evakuasi, dan kondisi fisik fasilitas. Untuk temuan ergonomi, evaluasi dapat menggunakan observasi postur, pengukuran jangkauan, atau metode REBA/RULA pada tugas yang paling sering dilakukan. Bila memungkinkan, hasil sebelum dan sesudah perbaikan dibandingkan sehingga perusahaan memiliki bukti bahwa tingkat paparan benar-benar menurun. Pendekatan semacam ini konsisten dengan penelitian ergonomi manufaktur yang menekankan hubungan antara identifikasi risiko dan redesign tugas atau workstation (Mohd Nizan et al., 2024; Brosche et al., 2024).

Roadmap juga perlu memasukkan forum evaluasi berkala antara engineering, construction, HSE, operasi, dan maintenance. Forum ini dapat meninjau temuan terbuka, keterlambatan corrective action, perubahan desain, dan potensi risiko baru. Dengan mekanisme tersebut, hasil inspeksi HFE dapat menjadi bagian dari governance proyek dan operasi, sehingga peningkatan ergonomi dan keselamatan berlangsung secara sistematis, terdokumentasi, dan berkelanjutan.

3.14 Analisis Area Minibulk dan Blending sebagai Fokus Intervensi

Area Minibulk menjadi lokasi dengan proporsi temuan tertinggi sebesar 20,3%, sedangkan Blending berada pada urutan berikutnya sebesar 12,5%. Konsentrasi temuan pada dua area tersebut menunjukkan bahwa prioritas intervensi dapat difokuskan terlebih dahulu pada area dengan kombinasi kepadatan aktivitas, kebutuhan akses, dan interaksi pekerja dengan peralatan yang lebih tinggi. Pendekatan berbasis area memungkinkan perusahaan melakukan evaluasi yang lebih menyeluruh karena satu tindakan perbaikan dapat berdampak pada beberapa jenis pekerjaan sekaligus. Sebagai contoh, perubahan pada platform atau jalur akses dapat memperbaiki keselamatan saat berjalan, memudahkan jangkauan terhadap valve, sekaligus mengurangi postur tidak netral saat inspeksi atau pengoperasian. Dengan demikian, analisis area dapat digunakan untuk melengkapi analisis berdasarkan kategori pekerjaan.

Fokus pada Minibulk dan Blending juga dapat diarahkan pada pemetaan aktivitas aktual. Setiap titik temuan perlu dikaitkan dengan jenis tugas, frekuensi penggunaan, durasi paparan, jumlah pekerja yang menggunakan fasilitas, serta kemungkinan terjadinya interaksi simultan antara pekerja dan peralatan. Informasi tersebut akan membantu membedakan temuan yang jarang terpapar dengan temuan yang berada pada jalur atau titik kerja yang digunakan setiap hari. Prinsip ini penting karena level risiko formal belum selalu menggambarkan besarnya paparan operasional secara menyeluruh. Temuan Low yang berada pada titik dengan frekuensi penggunaan tinggi tetap perlu diperhatikan agar tidak berubah menjadi sumber insiden atau keluhan kumulatif.

Selain itu, evaluasi area prioritas dapat mengintegrasikan aspek safety walkdown dan ergonomic walk-through. Pendekatan keselamatan menilai akses, proteksi jatuh, kondisi permukaan, clearance, dan jalur evakuasi, sedangkan pendekatan ergonomi menilai jangkauan, postur, posisi kontrol, serta ruang gerak. Tejamaya dan Widanarko (2024) serta Mokhtarinia et al. (2024) menunjukkan bahwa penilaian risiko muskuloskeletal pada pekerja industri memerlukan perhatian terhadap karakteristik pekerjaan dan kondisi kerja aktual. Oleh karena itu, penggabungan kedua perspektif dapat menghasilkan corrective action yang lebih komprehensif dan mengurangi kemungkinan solusi parsial yang hanya menyelesaikan satu dimensi risiko.

3.15 Kerangka Tindak Lanjut HFE dari Temuan hingga Verifikasi Penutupan

Agar hasil inspeksi memberikan dampak yang berkelanjutan, setiap temuan sebaiknya melalui alur tindak lanjut yang konsisten mulai dari identifikasi, klasifikasi risiko, penetapan tindakan, pelaksanaan modifikasi, hingga verifikasi penutupan. Tahap identifikasi perlu mendokumentasikan lokasi, kondisi eksisting, referensi standar, potensi dampak, dan foto pendukung. Tahap klasifikasi menentukan urgensi berdasarkan level High, Medium, atau Low. Setelah itu, tindakan perbaikan perlu diterjemahkan menjadi deskripsi engineering yang spesifik sehingga tidak menimbulkan interpretasi berbeda antara tim HSE, konstruksi, operasi, dan kontraktor. Alur yang jelas membantu mencegah kondisi ketika temuan ditutup secara administratif tetapi akar masalah fisiknya masih tersisa.

Pada tahap verifikasi, perusahaan dapat menggunakan prinsip closed-loop action management. Setiap tindakan dinyatakan selesai setelah kondisi lapangan diverifikasi sesuai persyaratan desain dan fungsi operasional. Untuk perubahan struktur, bukti dapat berupa pengukuran dimensi dan pemeriksaan proteksi; untuk orientasi peralatan, verifikasi dapat dilakukan melalui simulasi atau observasi pengoperasian; sedangkan untuk risiko ergonomi, postur dan jangkauan setelah modifikasi dapat dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Mohd Nizan et al. (2024) menunjukkan bahwa evaluasi ergonomi sebelum dan sesudah redesign dapat digunakan untuk membuktikan penurunan risiko. Pendekatan tersebut relevan untuk memastikan bahwa perbaikan di Shell GMP menghasilkan perubahan nyata, bukan sekadar perubahan dokumentasi.

Kerangka tindak lanjut juga perlu mencatat temuan yang berulang. Apabila jenis ketidaksesuaian yang sama muncul pada beberapa lokasi, perusahaan dapat melakukan root cause review pada level sistem, misalnya terhadap standar gambar, spesifikasi vendor, prosedur erection, proses inspeksi penerimaan, atau komunikasi antardisiplin. Hasil root cause review kemudian dapat diterjemahkan menjadi pembaruan spesifikasi dan lesson learned. Dengan demikian, proses HFE berkembang dari aktivitas korektif menjadi pencegahan proaktif. Vigoroso et al. (2025) menekankan perlunya integrasi HFE dalam design for safety, sehingga pembelajaran dari inspeksi lapangan idealnya kembali ke tahap desain dan menjadi dasar pencegahan ketidaksesuaian pada proyek berikutnya.

3.16 Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan perlu dikemukakan dalam interpretasi hasil penelitian ini. Pertama, klasifikasi dampak dilakukan melalui analisis isi berbasis kata kunci sehingga hasilnya bergantung pada kelengkapan narasi dampak pada dokumen sumber. Kedua, data yang dianalisis terbatas pada periode Juli–Desember 2025 sehingga belum dapat menggambarkan tren perbaikan dalam jangka waktu yang lebih panjang.

Selain keterbatasan tersebut, penelitian ini belum mengukur frekuensi paparan pekerja terhadap setiap kondisi, belum menilai postur secara langsung menggunakan instrumen ergonomi observasional, dan belum membandingkan efektivitas kondisi sebelum serta sesudah corrective action. Oleh karena itu, hasil penelitian terutama menggambarkan pola temuan inspeksi pada periode pengamatan. Penelitian lanjutan dapat menggabungkan data inspeksi dengan observasi aktivitas kerja, REBA/RULA, data near miss, serta evaluasi pascaperbaikan agar hubungan antara ketidaksesuaian desain, tingkat paparan, dan penurunan risiko dapat dianalisis secara lebih komprehensif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap 64 temuan inspeksi Human Factor Engineering (HFE) di Pabrik Shell Manufacturing Indonesia (GMP) periode Juli–Desember 2025, dapat disimpulkan bahwa penerapan aspek ergonomi dan keselamatan kerja di pabrik tersebut masih menyisakan sejumlah kesenjangan terhadap standar Shell Access and Workspace yang ditetapkan. Kategori pekerjaan yang paling mendominasi adalah Structure Modification (29,7%), diikuti Reorientation Work (18,8%). Dari sisi level risiko, sebagian besar temuan berada pada kategori Low (60,9%), namun temuan Medium dan High yang secara kumulatif mencapai 39,1% tetap memerlukan perhatian serius. Area Minibulk merupakan lokasi dengan temuan terbanyak (20,3%), diikuti Blending (12,5%). Dampak temuan lebih besar terhadap aspek keselamatan kerja (68,8%) dibandingkan aspek ergonomi (32,8%). Enam temuan dengan level risiko High yang teridentifikasi — mencakup permasalahan platform, tangga akses, jalur evakuasi, dan ketinggian bebas pipa — menjadi prioritas utama yang harus segera ditangani karena berkaitan langsung dengan keselamatan jiwa pekerja. Perusahaan disarankan untuk segera menindaklanjuti keenam temuan tersebut, melakukan verifikasi ulang terhadap orientasi peralatan pada kategori Reorientation Work di seluruh area produksi, meningkatkan koordinasi antara tim konstruksi, tim HSE, dan kontraktor pelaksana sejak tahap awal perancangan, serta mendorong peningkatan kesadaran pekerja terhadap ergonomi dan keselamatan kerja melalui pelatihan rutin. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode data yang lebih panjang serta menerapkan metode penilaian ergonomi kuantitatif seperti REBA atau RULA pada area dengan temuan terbanyak untuk memperoleh pengukuran risiko postur kerja yang lebih objektif.

Referensi

1. Abaraogu, U. O., Odebiyi, D. O., & Olawale, O. A. (2016). Association between postures and work-related musculoskeletal discomforts (WRMD) among beverage bottling workers. *Work*, 54(1), 113–119. <https://doi.org/10.3233/WOR-162262>
2. Abdollahpour, N., & Helali, F. (2022). Implementing Practical Ergonomics Knowledge Transfer Using Ergonomic Checkpoints to Support the Participatory Ergonomics Process in an Industrially Developing Country. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 10(2), 59–70. <https://doi.org/10.1080/24725838.2022.2054880>
3. Al Madani, D., & Dababneh, A. (2016). Rapid entire body assessment: A literature review. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(1), 107–118. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.107.118>
4. Alkndi, F., Djamara, M. T., & Majid, A. (2019). Ergonomic and Personal Protection Equipment (PPE) Implementation in PT Macanan Jaya Cemerlang. 6(2).
5. Babatunde, A. A., Odongo, O. A., Afolabi, I. B., Juma, J., & Abdalla, S. M. (2023). Risk Factors for Work-related Musculoskeletal Disorders among Sugar Factory Workers in Jinja, Eastern Uganda: A Cross-Sectional Study. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 12(1), 156–166. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v12i1.2023.156-166>
6. Cancio, L. I., & Cashman, T. M. (1994). Self-Reported Cumulative Trauma Symptoms Among Hospital Employees: Analysis of an Upper-Extremity Symptom Survey.
7. Endrianto, E., Adnan, A. Z., & Asminah, N. (2023). Occupational Health Programs at PT. Barata Indonesia Cilegon. <https://doi.org/10.33086/jhs.v16.i02.3665>
8. Faudy, M. K., & Sukanta, S. (2022). Analisis Ergonomi Menggunakan Metode REBA Terhadap Postur Pekerja pada Bagian Penyortiran di Perusahaan Bata Ringan. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 3(01), 47–58. <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v3i01.6540>
9. GRIEVE, D. (1998). Fitting the Task to the Human: A Textbook of Occupational Ergonomics, 5th edn. *Journal of Anatomy*, 192(3), 473–476. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.1998.192304733.x>
10. Healthy workplaces: a model for action: for employers, workers, policy-makers and practitioners. (2010). WHO.
11. Kineber, A. F., Antwi-Afari, M. F., Elghaish, F., Zamil, A. M. A., Alhusban, M., & Qaralleh, T. J. O. (2023). Benefits of Implementing Occupational Health and Safety Management Systems for the Sustainable Construction Industry: A Systematic Literature Review. *Sustainability (Switzerland)*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su151712697>
12. Manuaba, A. (2007). A Total Approach in Ergonomics is a Must to Attain Humane, Competitive and Sustainable Work Systems and Products. *Journal of Human Ergology*, 36.
13. Ma'ruf, F., Mualief, R. F., & Adiyanto, O. (2025). Work Systems in A Metal Casting Company Using MEAD Approach. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Industri*, 27(2), 162–176. <https://doi.org/10.9744/jti.27.2.162-176>
14. Milla Wahyu Wulandari, Meirina Ernawati, Bian Shabri Putri Irwanto, Fitri Cahyani Siregar, & Bima Agung Lande. (2024). Analysis of occupational health and safety management system internal audit implementation based on SMK3 PP No. 50, 2012 (Study at Pasuruan Concrete Industry, Indonesia). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 2131–2138. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0244>
15. Nurmianto, E. (2018). Ergonomics smoke machine for indigenous people in Indonesia. *MATEC Web of Conferences*, 154. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401103>
16. Patel, T., & Karmakar, S. (2014). Introduction to Ergonomics. *Internat International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(6), 892–893. <https://doi.org/10.1016/j.jergon.2014.08.003>
17. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
18. Permatasari, H., Sahar, J., Mansyur, M., & Hardjono, A. W. (2022). Voices of Indonesian Manufacturing Workers in Rotating Shift Systems. *Jurnal Keperawatan Indonesia*, 25(1), 52–61. <https://doi.org/10.7454/jki.v25i1.1210>
19. Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). Human factors in engineering and design. McGraw-Hill, Inc.
20. Shell Indonesia Bangun Pabrik Pelumas Grease Kapasitas 12 Juta Liter. (2024).
21. Susihono, W., & Adiatmika, I. P. G. (2021). The effects of ergonomic intervention on the musculoskeletal complaints and fatigue experienced by workers in the traditional metal casting industry. *Heliyon*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06171>
22. Tejamaya, K., & Widanarko, B. (2024). Musculoskeletal Disorders Risk Assessment Among Small Tofu Factory Workers in Tangerang City: an Indonesian Case. *The Indonesian Journal of Public Health*, 19(1), 183–195. <https://doi.org/10.20473/ijph.v19i1.2023.183-195>
23. Waters, T. R., Lu, M. L., Piacitelli, L. A., Werren, D., & Deddens, J. A. (2011). Efficacy of the revised NIOSH lifting equation to predict risk of low back pain due to manual lifting: Expanded cross-sectional analysis. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 53(9), 1061–1067. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e31822cfe5e>
24. Brosche, J., Wackerle, H., Augat, P., & Lödging, H. (2024). Individualized workplace ergonomics using motion capture. *Applied Ergonomics*, 114, 104140. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104140>
25. Dankachatur, S., Boonpak, A., Worrasan, N., Kama, B., Waeyeng, D., Intaramuean, M., & Mahaboon, J. (2023). Effects of safety interventions toward workers' behaviors using the theory of planned behavior in the rubber wood processing industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 29(4), 1328–1334. <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2127244>
26. Lowe, B. D., Hayden, M., Albers, J., & Naber, S. (2023). Case studies of robots and automation as health/safety interventions in small manufacturing enterprises. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 33, 69–103. <https://doi.org/10.1002/hfm.20971>
27. Mokhtarinia, H., Alimohammadi, B., Sadeghi-Yarandi, M., Torabi-Gudarzi, S., Soltanzadeh, A., & Nikbakht, N. (2024). Investigating the relationship between physical, cognitive, and environmental factors of ergonomics with the prevalence of musculoskeletal disorders: A case study in a car-parts manufacturing industry. *Work*, 79(1), 215–229. <https://doi.org/10.3233/WOR-230155>
28. Mohd Nizan, N. I., Ali, N. F., & Hussain, S. A. (2024). Managing ergonomic risk assessment among assembly operators in the small-scale fabrication sector. *Process Safety Progress*, 43(S1), S13–S21. <https://doi.org/10.1002/prs.12585>
29. Nurhanisah, M. H., Sulaiman, R., Razak, M. Y. A. D., Kamarudin, K. M., & Che Me, R. (2024). Risk factors of musculoskeletal symptoms among industrial workers in Peninsular Malaysia. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 30(4), 1105–1114. <https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2373537>
30. Vigoroso, L., Caffaro, F., Tronci, M., & Fagnoli, M. (2025). Ergonomics and design for safety: A scoping review and bibliometric analysis in the industrial engineering literature. *Safety Science*, 185, 106799. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106799>