# Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Berbasis Human Error Menggunakan Metode Delphi dan HFACS pada Bengkel Bubut (Studi Kasus: CV Hikma Teknik)

Dimas Rizal Fathur Rachman[1], Hastawati Chrisna Suroso[2]
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
*e-mail: dr.fathur86@gmail.com[1], chrisna.suroso@itats.ac.id [2]*

***ABSTRACT***

*Work accidents remain a critical issue in high-risk industrial workshops, including lathe workshops where operators interact directly with rotating machinery and metal-cutting processes. This study aims to identify and analyze the causal factors of human-error-based work accidents at the lathe workshop of CV Hikma Teknik, Surabaya, using the Delphi method and the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). The Delphi method involved four expert respondents, the workshop owner and three machine operators, who evaluated sixteen hazard criteria through a Likert-scale questionnaire and reached consensus in a single round (standard deviation < 1.5; interquartile range < 2.5). The two highest-priority hazards, metal dust exposure without exhaust ventilation and operators' non-compliance in using dust-protection masks, were then examined using the four-level HFACS framework through structured interviews. Results show that Organizational Influences contributed the largest share of failure (35%), followed by Unsafe Supervision (31%), Preconditions for Unsafe Acts (22%), and Unsafe Acts (11%), indicating that the root causes originate mainly from inadequate resource management and organizational policy rather than operator error alone. A 5W+1H analysis was then used to formulate improvement recommendations, including providing dust masks, installing exhaust ventilation, and establishing a written dust-control SOP.*

**Keywords:** *Delphi; HFACS; human error; lathe workshop; occupational safety.*

**ABSTRAK**

Kecelakaan kerja masih menjadi permasalahan penting pada bengkel berisiko tinggi, termasuk bengkel bubut yang mengharuskan operator berinteraksi langsung dengan mesin berputar dan proses pemotongan logam. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis faktor penyebab kecelakaan kerja berbasis human error pada bengkel bubut CV Hikma Teknik, Surabaya, menggunakan metode Delphi dan Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). Metode Delphi melibatkan empat responden ahli, yaitu pemilik bengkel dan tiga operator mesin, yang menilai enam belas kriteria potensi bahaya melalui kuesioner skala Likert dan mencapai konsensus dalam satu putaran (standar deviasi < 1,5; interquartile range < 2,5). Dua potensi bahaya dengan prioritas tertinggi, yaitu paparan debu logam tanpa sistem ventilasi/exhaust fan dan ketidakpatuhan operator menggunakan masker pelindung debu, selanjutnya dianalisis menggunakan kerangka HFACS empat level melalui wawancara terstruktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Organizational Influences memberikan kontribusi kegagalan terbesar (35%), diikuti Unsafe Supervision (31%), Precondition for Unsafe Acts (22%), dan Unsafe Acts (11%), yang menunjukkan bahwa akar penyebab kecelakaan bersumber terutama dari lemahnya manajemen sumber daya dan kebijakan organisasi, bukan semata kesalahan operator. Analisis 5W+1H selanjutnya digunakan untuk merumuskan usulan perbaikan, meliputi penyediaan masker pelindung debu, pemasangan ventilasi/exhaust fan, dan penyusunan SOP pengendalian debu tertulis.

**Kata kunci:** bengkel bubut; Delphi; HFACS; human error; keselamatan kerja.

## PENDAHULUAN

Kecelakaan kerja merupakan permasalahan serius yang kerap terjadi di lingkungan kerja, khususnya pada sektor industri jasa dan manufaktur, dan tidak hanya berdampak pada kerugian fisik pekerja tetapi juga kerugian finansial serta penurunan produktivitas perusahaan [1]. Tingginya angka kecelakaan kerja menjadi indikator bahwa penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di banyak industri belum berjalan optimal [2], yang umumnya dipengaruhi oleh rendahnya kesadaran pekerja, peralatan yang belum memenuhi standar keselamatan, serta lingkungan kerja yang kurang mendukung [3]. Pada bengkel bubut, risiko kecelakaan relatif tinggi karena pekerja berhadapan langsung dengan mesin berputar, serpihan material, dan potensi kesalahan prosedur kerja [4]. Kecelakaan pada bengkel bubut umumnya disebabkan oleh tiga faktor utama, yaitu human error, kondisi mesin yang tidak standar, dan lingkungan kerja yang tidak aman, dengan human error sebagai kontributor paling dominan [5].

CV Hikma Teknik merupakan perusahaan jasa bengkel bubut di Surabaya yang mengoperasikan mesin bubut konvensional, mesin roll, gerinda, dan peralatan tangan lainnya. Selama periode 2023-2025 tercatat 4 kasus kecelakaan kerja, dengan rincian 1 kasus (25%) pada 2023, 2 kasus (50%) pada 2024, dan 1 kasus

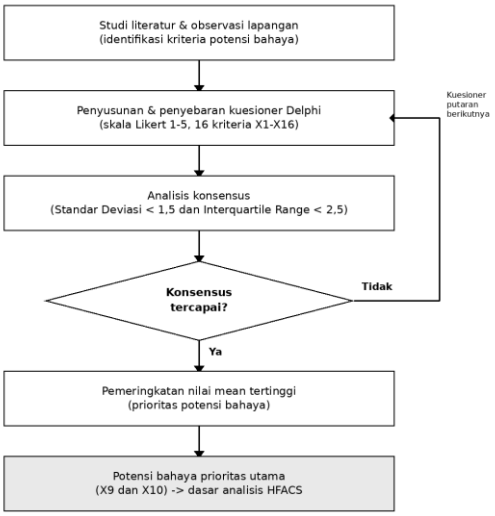
(25%) pada 2025, meliputi kejadian terkena mesin roll plat besi, terkena mesin gerinda, luka sayat akibat alat potong, dan terkena mesin bubut. Sebagian besar kecelakaan tersebut berkaitan dengan faktor human error, seperti ketidakpatuhan penggunaan alat pelindung diri (APD), kurangnya konsentrasi, dan kelalaian terhadap prosedur kerja [6]. Human error sendiri tidak hanya dipandang sebagai kesalahan individu, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor sistem seperti lemahnya pengawasan, minimnya prosedur kerja, dan rendahnya budaya keselamatan dalam organisasi [7]. Dalam teori domino disebutkan bahwa 88% kecelakaan kerja disebabkan oleh perilaku tidak aman (unsafe act) [8], sehingga pendekatan analisis berbasis human error sangat relevan diterapkan sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja di bengkel bubut.

Metode Delphi dipilih karena mampu mengakomodasi penilaian ahli secara iteratif melalui kuesioner untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan potensi bahaya kecelakaan kerja secara objektif dan berbasis konsensus [9]. Selanjutnya, metode Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) digunakan untuk menelusuri akar penyebab kecelakaan dari tingkat tindakan tidak aman operator hingga pengaruh faktor organisasi yang melatarbelakanginya [10]. Dengan mengintegrasikan kedua metode tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis faktor penyebab kecelakaan kerja berbasis human error pada bengkel bubut CV Hikma Teknik, guna menghasilkan rekomendasi perbaikan yang konkret sehingga risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Metode Delphi*

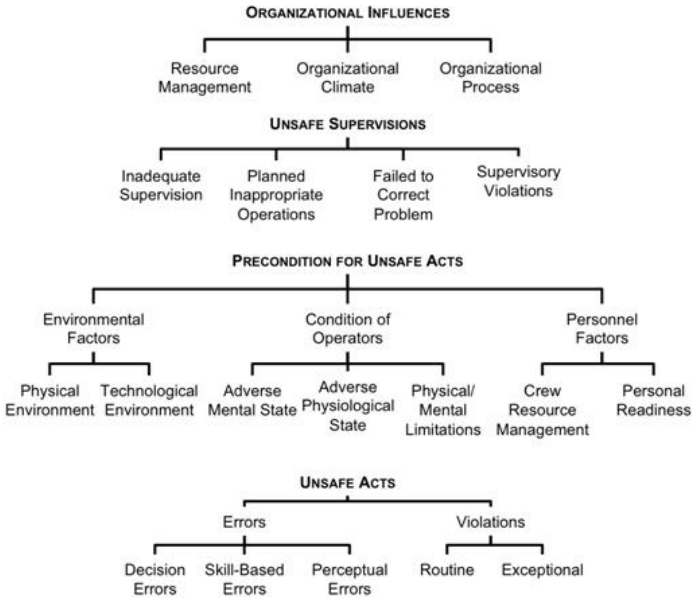
Metode Delphi merupakan teknik pengambilan keputusan berbasis konsensus sekelompok ahli yang dilakukan secara iteratif melalui serangkaian kuesioner hingga tercapai kesepakatan bersama [11]. Pelaksanaannya diawali dengan penyebaran kuesioner tahap pertama untuk memperoleh gambaran awal, dilanjutkan dengan identifikasi perbedaan pendapat antarresponden, penyampaian kembali hasil kepada responden untuk mencapai kesepakatan akhir, hingga pemeringkatan berdasarkan nilai mean tertinggi. Tingkat konsensus ditentukan dari nilai standar deviasi (< 1,5) dan interquartile range/IQR (< 2,5) pada setiap kriteria; apabila salah satu ambang batas belum terpenuhi, kuesioner disebarkan kembali pada putaran berikutnya. Instrumen penilaian menggunakan skala Likert 1-5 (1 = sangat tidak setuju hingga 5 = sangat setuju) agar persepsi responden dapat diukur secara sistematis. Kerangka tahapan metode Delphi yang diterapkan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.




Gambar 1 Kerangka tahapan metode Delphi pada penelitian ini

### *Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*

HFACS merupakan kerangka analisis yang dikembangkan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan faktor manusia yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan, mulai dari tindakan tidak aman operator (*Unsafe Acts*) hingga pengaruh faktor organisasi (*Organizational Influences*) [10]. Kerangka HFACS tersusun atas empat level yang saling berkaitan secara berjenjang, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, mulai dari akar penyebab pada tingkat organisasi hingga tindakan tidak aman yang secara langsung memicu kecelakaan kerja.

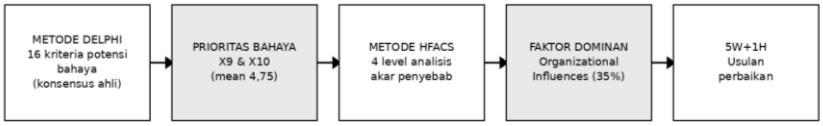



Gambar 2 Kerangka empat level metode HFACS

a. *Organizational Influences*. Level ini mencakup faktor dari tingkat manajemen dan sistem organisasi yang secara tidak langsung berkontribusi terhadap kecelakaan, terdiri atas tiga kriteria: resource management (pengelolaan sumber daya manusia, anggaran, dan fasilitas), organizational climate (kebijakan dan budaya K3), serta operational process (pelaksanaan prosedur kerja) [12].
b. *Unsafe Supervision***.** Level ini menggambarkan kegagalan pengawas dalam memberikan arahan, pelatihan, atau pengendalian kerja yang memadai, meliputi empat kriteria: inadequate supervision, planned inappropriate operations, failed to correct a known problem, dan supervisory violation [12].
c. *Preconditions for Unsafe Acts***.** Level ini merupakan kondisi awal yang memicu tindakan tidak aman, mencakup environmental factors (lingkungan fisik dan teknologi) serta condition of operators dan personal factors (kondisi mental, fisiologis, dan keterbatasan fisik operator) [12].
d. *Unsafe Acts***.** Level ini merupakan tindakan tidak aman operator yang secara langsung berkaitan dengan kecelakaan, terdiri dari dua sub-kategori, yaitu errors (decision, skill-based, dan perceptual error) dan violations (routine dan exceptional violation) [12].

**Integrasi Metode Delphi dan HFACS**

Integrasi metode Delphi dan HFACS dilakukan secara berurutan, di mana hasil pemeringkatan Delphi digunakan sebagai dasar penetapan fokus analisis HFACS. Enam belas kriteria potensi bahaya yang telah dinilai melalui konsensus ahli disaring menjadi dua kriteria dengan nilai mean tertinggi, yang kemudian ditelusuri akar penyebabnya secara lebih mendalam menggunakan keempat level HFACS melalui wawancara terstruktur. Hasil analisis HFACS selanjutnya menjadi dasar penyusunan usulan perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H. Alur integrasi kedua metode tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.




Gambar 3 Diagram blok integrasi metode Delphi dan HFACS pada penelitian ini

***Penelitian Terdahulu dan Gap Riset***

Beberapa penelitian terdahulu terkait metode Delphi dan HFACS dirangkum pada Tabel 1 sebagai dasar identifikasi kesenjangan (gap) penelitian.

| Peneliti | Objek/Fokus | Metode | Temuan Utama |
|---|---|---|---|
| Fajar dkk. [12] | Kecelakaan angkutan pariwisata | HFACS | Unsafe Acts 21%; Preconditions 34%; Unsafe Supervision 27%; Organizational Influences 18%; SOP lemah dominan. |
| Trianung dkk. [13] | Pengambilan keputusan sektor pendidikan | Delphi | Delphi banyak diterapkan untuk kurikulum dan kebijakan; efektif namun memerlukan waktu dan panel ahli memadai. |
| Wijaya & Suroso [14] | Mesin rip kayu, PT. X | Delphi + HFACS | Faktor organisasi (kebijakan dan budaya K3) menjadi penyebab dominan kecelakaan kerja. |

Tabel 1 Ringkasan penelitian terdahulu

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada bengkel bubut CV Hikma Teknik, Surabaya. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik sensus terhadap seluruh populasi yang relevan, yaitu 1 pemilik bengkel dan 3 operator mesin bubut, sehingga total responden berjumlah 4 orang.

### Objek Penelitian

CV Hikma Teknik merupakan perusahaan jasa permesinan yang berlokasi di Jl. Semolowaru Tengah I No. 69, Kecamatan Sukolilo, Surabaya, dengan 15 tenaga kerja dan jam operasional Senin-Jumat pukul 08.00-16.00. Aktivitas utama meliputi pembubutan, penggerindaan, pengeboran, dan pengelasan menggunakan mesin bubut konvensional, mesin roll, mesin gerinda, mesin bor, serta peralatan las, dengan salah satu produk utama berupa boiler uap untuk kompor. Proses produksi boiler dikerjakan melalui tiga tahap paralel, yaitu pembuatan rangka kaki (pengelasan dan penggerindaan), tutup dan kelengkapan tekanan (pembubutan), serta badan tangki (rolling, pengeboran, dan pengelasan), sebelum digabungkan dan diuji kebocorannya. Fokus penelitian diarahkan pada aktivitas pembubutan menggunakan mesin bubut konvensional karena memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja tertinggi di antara proses produksi lainnya.

### Instrumen Penelitian (Kuesioner Delphi)

Instrumen Delphi disusun berdasarkan hasil observasi dan studi literatur, terdiri dari 16 kriteria potensi bahaya (X1-X16) yang dikelompokkan ke dalam empat aspek, yaitu pencahayaan, kebersihan dan kerapian, debu dan partikel logam, serta perilaku dan keselamatan karyawan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Setiap pernyataan dinilai responden menggunakan skala Likert 1-5 (1 = sangat tidak setuju/STS, 2 = tidak setuju/TS, 3 = netral/N, 4 = setuju/S, 5 = sangat setuju/SS).

| Aspek | Kode | Pernyataan Kuesioner (Potensi Bahaya) |
|---|---|---|
| Pencahayaan | X1 | Intensitas pencahayaan di area mesin bubut tidak memadai untuk pekerjaan presisi |
| | X2 | Terdapat titik buta (area gelap) di sekitar mesin bubut yang tidak terjangkau cahaya lampu |
| | X3 | Silau dari sumber cahaya langsung yang mengganggu pandangan operator |
| | X4 | Pencahayaan pada area pengukuran benda kerja kurang memadai |
| Kebersihan & Kerapian | X5 | Lantai bengkel kotor dan licin akibat tumpahan oli/coolant |
| | X6 | Beram (serpihan logam) berserakan di lantai kerja |
| | X7 | Peralatan kerja tidak dikembalikan ke tempat semula setelah digunakan |
| | X8 | Tata letak benda kerja dan material tidak tertata rapi |

| | | |
|---|---|---|
| Debu & Partikel Logam | X9 | Debu logam beterbangan di udara selama proses pembubutan tanpa sistem pengisap udara |
| | X10 | Operator tidak menggunakan masker pelindung debu |
| | X11 | Debu menempel pada mesin dan komponen karena tidak ada jadwal pembersihan rutin |
| | X12 | Tidak tersedia sistem ventilasi/exhaust fan yang memadai |
| Perilaku & Keselamatan Karyawan | X13 | Operator tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai |
| | X14 | Operator mengoperasikan mesin bubut tanpa pengecekan awal |
| | X15 | Operator mengabaikan prosedur keselamatan kerja demi target produksi |
| | X16 | Operator bekerja dalam kondisi kelelahan fisik |

Tabel 2 . Instrumen kuesioner Delphi (kriteria X1-X16)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Hasil Metode Delphi*

Pada tahap I Delphi, teridentifikasi 16 kriteria potensi bahaya kecelakaan kerja (X1-X16) sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Pada tahap II, seluruh responden menilai keenam belas kriteria menggunakan skala Likert 1-5, dan pada tahap III diperoleh nilai standar deviasi < 1,5 serta interquartile range < 2,5 untuk seluruh kriteria, sehingga konsensus tercapai dalam satu putaran tanpa memerlukan iterasi lanjutan. Hasil pemeringkatan seluruh kriteria berdasarkan nilai mean ditunjukkan pada Tabel 3.

| Kode | Kriteria Risiko Kecelakaan Kerja | Mean | Ranking |
|---|---|---|---|
| X9 | Ketersediaan sistem ventilasi/exhaust fan pengendali debu logam | 4,75 | 1 |
| X10 | Kepatuhan penggunaan APD pelindung pernapasan (masker) | 4,75 | 2 |
| X7 | Penempatan kembali peralatan kerja setelah digunakan | 4,50 | 3 |
| X8 | Kerapian tata letak benda kerja dan material | 4,50 | 4 |
| X13 | Kepatuhan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) | 4,50 | 5 |
| X14 | Kepatuhan pengecekan awal sebelum mengoperasikan mesin bubut | 4,50 | 6 |
| X6 | Kebersihan area kerja dari serpihan logam | 4,25 | 7 |
| X1 | Kecukupan intensitas pencahayaan di area mesin bubut | 3,75 | 8 |
| X11 | Pemeliharaan kebersihan mesin bubut | 3,75 | 9 |
| X3 | Kesesuaian pencahayaan tanpa menimbulkan silau | 3,50 | 10 |
| X15 | Kepatuhan terhadap prosedur keselamatan kerja | 3,25 | 11 |
| X16 | Kondisi kelelahan fisik operator saat bekerja | 3,25 | 12 |
| X4 | Kecukupan pencahayaan pada area pengukuran benda kerja | 2,75 | 13 |
| X2 | Pemerataan pencahayaan di area mesin bubut | 2,25 | 14 |
| X5 | Kondisi kebersihan dan keamanan lantai area kerja | 1,50 | 15 |
| X12 | Ketersediaan sistem ventilasi/exhaust fan di area kerja | 1,50 | 16 |

Tabel 3 Peringkat 16 kriteria risiko kecelakaan kerja hasil metode Delphi

Dua kriteria dengan nilai mean tertinggi, yaitu ketersediaan sistem ventilasi/exhaust fan pengendali debu logam (X9) dan kepatuhan penggunaan masker pelindung pernapasan (X10), masing-masing memperoleh mean 4,75 dan ditetapkan sebagai prioritas utama karena berdampak signifikan dan konsisten dialami langsung oleh seluruh responden selama proses pembubutan berlangsung. Kedua kriteria prioritas tersebut selanjutnya dijadikan dasar analisis lebih lanjut menggunakan metode HFACS.

**Perhitungan Persentase Kontribusi HFACS**

Persentase kontribusi setiap sub-kriteria HFACS dihitung berdasarkan frekuensi kemunculan kode "2" (indikasi bermasalah/berisiko) pada hasil wawancara terstruktur terhadap 4 responden, menggunakan persamaan (1):

$$P = (\text{kode 2 sub-kriteria} / \text{kode 2 seluruh sub-kriteria}) \times 100\% \quad ...(1)$$

dengan P adalah persentase kontribusi sub-kriteria terhadap potensi kegagalan pada kriteria HFACS yang bersangkutan. Sebagai contoh, pada kriteria Organizational Influences diperoleh total kode "2" sebesar 19, dengan rincian Resource Management = 6, Organizational Climate = 6, dan Operational Process = 7, sehingga:

P(Resource Management) = (6/19) x 100% = 31,6% ≈ 32%; P(Organizational Climate) = (6/19) x 100% = 31,6% ≈ 32%; P(Operational Process) = (7/19) x 100% = 36,8% ≈ 37%.

Perhitungan yang sama diterapkan pada ketiga level HFACS lainnya untuk memperoleh persentase kontribusi setiap sub-kriteria maupun rekapitulasi kontribusi keempat level HFACS secara keseluruhan.

***Hasil Metode HFACS***

Analisis HFACS dilakukan melalui wawancara terstruktur kepada 4 responden terhadap 25 aspek pada empat level HFACS, yaitu Organizational Influences, Unsafe Supervision, Preconditions for Unsafe Acts, dan Unsafe Acts. Rekapitulasi persentase kontribusi masing-masing level ditunjukkan pada Tabel 4.

| Level HFACS | Persentase Kontribusi | Sub-Kriteria Dominan |
|---|---|---|
| Organizational Influences | 35% | Operational process (37%): belum ada SOP pengendalian debu logam |
| Unsafe Supervision | 31% | Inadequate supervision (42%): pengawasan pemakaian masker kurang optimal |
| Preconditions for Unsafe Acts | 22% | Physical environment (53%): debu logam tidak terkendali secara terus-menerus |
| Unsafe Acts | 11% | Routine violations (66%): kebiasaan tidak memakai masker pelindung debu |

Tabel 4 Rekapitulasi kontribusi keempat level HFACS

Hasil analisis menunjukkan bahwa Organizational Influences merupakan kriteria dengan kontribusi terbesar terhadap penyebab kecelakaan kerja (35%), yang berarti faktor organisasi masih menjadi akar utama terjadinya human error di CV Hikma Teknik. Permasalahan yang ditemukan meliputi belum tersedianya masker pelindung debu dan sistem ventilasi/exhaust fan secara memadai, belum adanya SOP tertulis mengenai pengendalian debu logam, serta budaya kerja yang masih menoleransi operator bekerja tanpa masker. Kondisi tersebut mendorong lemahnya pengawasan (Unsafe Supervision, 31%) terhadap kepatuhan pemakaian APD, yang pada gilirannya menimbulkan kondisi lingkungan kerja dan fisiologis operator yang kurang mendukung (Preconditions for Unsafe Acts, 22%) berupa paparan debu logam yang mengganggu konsentrasi dan pernapasan. Ketiga level tersebut secara berjenjang mendorong terjadinya Unsafe Acts (11%) berupa routine violations, yaitu kebiasaan operator tidak menggunakan masker pelindung debu meskipun debu logam terlihat jelas beterbangan di area kerja. Temuan ini memperkuat pemahaman bahwa kesalahan operator merupakan hasil akhir dari rangkaian kelemahan sistem pada level yang lebih tinggi, bukan semata kelalaian individu.

### *Usulan Perbaikan dengan Analisis 5W+1H*

Mengingat Organizational Influences merupakan faktor paling dominan, usulan perbaikan disusun menggunakan pendekatan 5W+1H yang berfokus pada pengendalian debu logam, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

| 5W+1H | Pertanyaan | Jawaban |
|---|---|---|
| What | Apa faktor utama penyebab Organizational Influences menjadi dominan? | Kurangnya penyediaan masker pelindung debu, belum tersedianya exhaust fan, tidak adanya SOP pengendalian debu logam, dan lemahnya penegakan kebijakan wajib masker. |
| Who | Siapa yang bertanggung jawab mengatasi permasalahan tersebut? | Pemilik bengkel sebagai penanggung jawab utama dan seluruh operator mesin bubut. |
| Where | Di mana permasalahan tersebut paling banyak ditemukan? | Debu logam di area mesin bubut tidak terkendali karena tidak ada exhaust fan dan operator tidak memakai masker. |
| Why | Mengapa exhaust fan dan masker belum tersedia memadai? | Perusahaan belum menjadikan pengendalian debu logam sebagai prioritas risiko, sehingga operator tetap terpapar tanpa perlindungan memadai. |
| When | Kapan pemeriksaan APD dan fasilitas keselamatan dilakukan? | Secara rutin sebelum proses pembubutan dan dievaluasi secara berkala. |
| How | Bagaimana upaya mengurangi penyebab kecelakaan kerja? | Menyediakan masker, memasang exhaust fan, menyusun SOP pengendalian debu, meningkatkan pengawasan, serta edukasi rutin bahaya debu logam. |

Tabel 5 Usulan perbaikan berdasarkan analisis 5W+1H

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis Delphi, teridentifikasi 16 potensi bahaya kecelakaan kerja pada proses pembubutan di CV Hikma Teknik, dengan dua potensi bahaya prioritas tertinggi (mean 4,75), yaitu ketiadaan sistem ventilasi/exhaust fan pengendali debu logam dan ketidakpatuhan operator menggunakan masker pelindung debu. Analisis HFACS terhadap kedua potensi bahaya tersebut menunjukkan bahwa faktor penyebab kecelakaan kerja tidak hanya berasal dari kesalahan operator (Unsafe Acts, 11%), tetapi juga dipengaruhi oleh Preconditions for Unsafe Acts (22%), Unsafe Supervision (31%), dan terutama Organizational Influences (35%) sebagai faktor paling dominan, akibat belum memadainya penyediaan APD, sistem ventilasi, dan SOP pengendalian debu logam. Usulan perbaikan berdasarkan analisis 5W+1H meliputi penyediaan masker pelindung debu, pemasangan ventilasi/exhaust fan, penyusunan SOP pengendalian debu logam, peningkatan pengawasan kepatuhan APD, serta edukasi dan evaluasi K3 secara berkala, yang diharapkan dapat menurunkan risiko kecelakaan kerja dan memperkuat penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di CV Hikma Teknik.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain jumlah responden yang relatif kecil (teknik sensus terhadap 4 orang) sehingga hasil belum tentu dapat digeneralisasi pada bengkel bubut lain, serta cakupan analisis HFACS yang hanya difokuskan pada dua potensi bahaya prioritas teratas (paparan debu logam), sehingga faktor penyebab kecelakaan lain belum tergali secara mendalam. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan jumlah responden dan objek penelitian yang lebih luas (multi-bengkel), mengintegrasikan metode Delphi dan HFACS dengan pendekatan statistik lanjutan seperti Fuzzy Delphi atau Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk meningkatkan akurasi pembobotan, serta memperluas cakupan analisis pada kriteria bahaya lain di luar aspek debu logam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, serta kepada CV Hikma Teknik atas izin dan kerja sama yang diberikan selama proses pengumpulan data penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Astutik and R. C. K. Dewa, "Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( K3 ) dan lingkungan kerja terhadap produktivitas kerja karyawan," *Manag. Bus. Rev.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2019.

[2] S. E. Siahaan, A. N. Putra, and B. Aswin, "Gambaran implementasi SMK3 dan tantangan penerapan kebijakan di unit pembangkit PLN : Studi kualitatif," vol. 6, no. 6, pp. 1321–1342, 2026.

[3] A. Ananda, A. Nurlinda, A. Baharuddin, and Hidayat, "Hubungan Pengetahuan Dengan Perilaku Tidak Aman Peminatan Kesehatan Lingkungan , Fakultas Kesehatan Masyarakat , Universitas Muslim Indonesia," *Wind. Public Heal. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 146–152, 2023.

[4] F. Kurnia, M. G. Pradityatama, I. G. N. A. N. Patraman, and I. P. B. Pramartha, "Analisis Resiko Kerja Pada Proses Pembubutan Menggunakan Metode Hiraarc," *Energy, Mater. Prod. Des.*, vol. 2, no. 2, pp. 116–120, 2023.

[5] A. I. N. Sihombing, Y. M. Hasibuan, and D. W. Utama, "Analisis Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Metode," *IESM J.*, vol. 7, no. 1, pp. 34–36, 2026.

[6] R. R. Simbolon, F. P. Harramain, and M. R. P. Sonjaya, "Pentingnya Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja ( K3 ) Sebagai Faktor Penentu Optimalisasi Produktivitas Kerja Occupational Safety And Health ( OSH ) Implementation As A Determinant Of Work Productivity Optimization terjadinya sebuah kecelakaan tingg," *Pajak dan Manaj. Keuang.*, vol. 1, no. 3, pp. 17–31, 2024.

[7] R. Cahyani and Susilawati, "Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu Analisis Faktor Human Error Terhadap Kejadian Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Konstruksi," *Gudang J. Multidisiplin Ilmu*, vol. 2, no. 7, pp. 10–14, 2024.

[8] C. A. K. MUDA, R. HANDAYANI, F. YUSVITA, and L. N. AZIZAH, "Faktor Perilaku Tidak Aman Pekerja di PT X Unit Manufaktur," *J. Nurs. Public Heal.*, vol. 10, no. 1, pp. 14–23, 2022.

[9] E. Zhafira, Rajiman, and M. B. Islami, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assesment and Determining Control (HIRADC) Pada Proyek Pembangunan Masjid Raya AL-Bakrie Bandar Lampung," *Nusant. Hasana J.*, vol. 5, no. 3, pp. 517–524, 2025.

[10] R. A. Ratriwardhani, "Analisis Kecelakaan Kerja Dengan Menggunakana Metode HFACS Pada PT. X," *MTPH J.*, vol. 4, no. 1, pp. 79–90, 2020.

[11] D. Anggreeny, Irsyad, and M. Setiawati, "Teknik Identifikasi Risiko: Brainstroming, Delphi, dan Checklist," *Glob. Res. Innov. J.*, vol. 1, no. 3, pp. 3056–3061, 2025.

[12] C. Fajar *et al.*, "Penerapan Metode Human Factor Analysis and Classification System ( HFACS ) Untuk Mengidentifikasi Kecelakaan Pada Angkutan Pariwisata," *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil*, no. 2024, pp. 257–268, 2025.

[13] T. Trianung, D. Susanto, S. U. Yamtaz, T. A. Senda, and M. Y. Mustaqim, "Analisis Penggunaan Teknik Delphi dalam Pengambilan Keputusan di Sektor Pendidikan : Studi Literatur," *J. Ilm. Ilmu Pendidik.*, vol. 8, no. 6, pp. 6511–6519, 2025.

[14] Y. A. Wijaya and H. C. Suroso, "Implementasi Sistem K3 Melalui Pendekatan Metode Delpi dan HFACS Guna Meminimalisir Risiko Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Mesin Rip PT. X)," *J. Res. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 185–198, 2024.