

Kajian Literatur tentang Potensi Bahaya dan Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Personel Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF) di Bandar Udara

¹Gigga Ibrahim Thabrani, ²Fauzan Kholid Ersa Putra, ^{3,*}Surya Tri Saputra

¹⁾ Jurusan Pertolongan Kecelakaan Pesawat,
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug
giggathabrani3997@gmail.com

²⁾ Jurusan Pertolongan Kecelakaan Pesawat,
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug
fauzankholid2005@gmail.com

^{3,*} Prodi Lalu Lintas Udara
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug
suryatri@ppicurug.ac.id

Article history:

Received January 28, 2026

Revised June 21, 2026

Accepted June 23, 2026

Abstract

Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF) personnel perform their duties in a high-risk work environment at airports. This article aims to identify potential hazards and Occupational Safety and Health (OSH) risks faced by ARFF personnel. This study uses a literature review method, examining scientific articles, national regulations, International Civil Aviation Organization (ICAO) documents, and relevant prior research related to the operational context of ARFF in Indonesia. The findings identify ten main potential hazards, grouped into five classifications: physical hazards, chemical hazards, mechanical/equipment hazards, ergonomic hazards, and psychosocial hazards. Risk levels range from moderate to high, requiring systematic control through engineering, administrative, and Personal Protective Equipment (PPE) measures. Regular training, scheduled vehicle maintenance, use of SCBA, implementation of an integrated emergency management system (IEMS), and periodic health monitoring are the main control recommendations. This study also shows that effective OSH management in ARFF units has a direct implication on emergency response readiness and overall aviation safety, in line with national regulations (KP 14/2015, PR 30/2022) and international standards (ICAO Annex 14, Doc 9137).

Keywords: ARFF, PKP-PK, occupational safety and health, potential hazards, K3 risks, airports

Pendahuluan

Bandar udara merupakan infrastruktur transportasi udara yang beroperasi dalam lingkungan kompleks dengan tingkat risiko keselamatan yang tinggi. Setiap bandar udara diwajibkan memiliki unit Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK) atau Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF) sebagaimana diatur dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 14 Tahun 2015 [20] dan Peraturan Regulator (PR) Nomor 30 Tahun 2022 [21]. Unit ini menjadi garda terdepan dalam menangani keadaan darurat penerbangan, dengan tugas utama menyelamatkan jiwa manusia dan harta benda dari pesawat udara yang mengalami incident maupun accident.

Waktu krusial bagi pilot terjadi saat take-off dan landing, di mana hampir seluruh fase tersebut berlangsung di kawasan bandar udara. Oleh karena itu, kesiapan petugas ARFF dalam merespons keadaan darurat secara cepat, tepat, dan efektif menjadi faktor determinan keselamatan penerbangan. Standar ICAO menetapkan bahwa response time petugas ARFF tidak boleh melebihi dua menit, dan maksimal tiga menit, terhitung sejak penerimaan notifikasi pertama hingga kendaraan tiba di lokasi kejadian [1].

Namun di balik peran kritis tersebut, petugas ARFF sendiri menghadapi berbagai potensi bahaya yang dapat mengancam keselamatan dan kesehatan mereka. Lingkungan kerja yang melibatkan paparan api, bahan kimia berbahaya, kebisingan tinggi, tekanan fisik dan psikologis, serta operasi di berbagai medan termasuk perairan menjadikan profesi ini tergolong pekerjaan berisiko tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa unit PKP-PK di berbagai bandar udara Indonesia masih menghadapi permasalahan terkait kesiapan personel, keterbatasan sarana prasarana, dan belum optimalnya penerapan manajemen K3 secara sistematis [2].

Kajian ini bertujuan mengidentifikasi secara komprehensif potensi bahaya dan risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang dihadapi petugas ARFF di bandar udara, serta merekomendasikan langkah-langkah pengendalian yang sesuai dengan regulasi nasional dan standar internasional.

Berbagai penelitian terdahulu umumnya membahas kesiapan personel ARFF, pemeliharaan kendaraan, pelaksanaan sea rescue, maupun efektivitas pelatihan secara terpisah. Hingga saat ini masih terbatas kajian yang mengintegrasikan berbagai potensi bahaya, risiko keselamatan dan kesehatan kerja, serta strategi pengendaliannya dalam satu kajian komprehensif. Oleh karena itu, artikel ini menyajikan sintesis berbagai hasil penelitian dan regulasi untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai risiko K3 yang dihadapi personel ARFF di bandar udara.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode literature review (kajian literatur), yaitu metode penelitian yang bertujuan mengumpulkan, menelaah, membandingkan, serta mensintesis berbagai sumber ilmiah yang berkaitan dengan potensi bahaya dan risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada personel Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF) di bandar udara. Sumber yang dikaji meliputi artikel ilmiah, regulasi nasional, dokumen International Civil Aviation Organization (ICAO), serta hasil penelitian terdahulu yang relevan. Literatur dianalisis secara deskriptif-kualitatif melalui proses identifikasi, pengelompokan, perbandingan, dan sintesis, sehingga diperoleh gambaran komprehensif mengenai potensi bahaya, tingkat risiko, dan upaya pengendalian yang direkomendasikan.

Sumber pustaka diperoleh dari jurnal penerbangan nasional, regulasi Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, standar ICAO, serta laporan penelitian dari politeknik penerbangan di Indonesia. Proses analisis dilakukan melalui tiga tahap: (1) identifikasi dan pengumpulan sumber pustaka yang relevan; (2) ekstraksi data terkait jenis bahaya, sumber bahaya, risiko yang ditimbulkan, dan upaya pengendalian yang telah dilakukan atau direkomendasikan; serta (3) sintesis temuan menjadi matriks identifikasi potensi bahaya dan risiko K3 yang komprehensif.

Untuk menjaga relevansi dan kualitas sumber yang digunakan, penulis menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi dalam pemilihan pustaka sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi sumber pustaka

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Topik	Membahas keselamatan dan kesehatan kerja (K3), identifikasi bahaya, dan/atau penilaian risiko pada profesi pemadam kebakaran, petugas ARFF/PKP-PK, atau manajemen keselamatan operasional bandar udara	Tidak membahas K3, identifikasi bahaya, atau manajemen risiko kerja
Tahun terbit	Dipublikasikan pada rentang 2015-2026, atau merupakan regulasi/standar yang masih berlaku	Dipublikasikan sebelum tahun 2015 dan bukan merupakan regulasi atau standar dasar yang masih berlaku
Jenis sumber	Artikel jurnal ilmiah nasional/internasional, prosiding, skripsi/tesis, regulasi resmi, dan dokumen standar internasional (ICAO)	Opini, editorial, blog, atau sumber tanpa proses tinjauan ilmiah (non peer-reviewed)
Bahasa	Bahasa Indonesia atau bahasa Inggris	Selain bahasa Indonesia dan bahasa Inggris
Aksesibilitas	Teks lengkap (<i>full text</i>) dapat diakses	Hanya tersedia dalam bentuk abstrak tanpa teks lengkap
Kejelasan metode	Memiliki metodologi, data, atau temuan yang dapat ditelusuri dengan jelas	Artikel duplikat atau tidak memiliki data/metodologi yang jelas

Berdasarkan kriteria tersebut, selain artikel dan regulasi khusus ARFF/PKP-PK, penulis juga menelaah studi identifikasi bahaya dan penilaian risiko pada profesi pemadam kebakaran sipil serta manajemen keselamatan operasional bandar udara sebagai pembanding, di antaranya penelitian pada Dinas Pemadam Kebakaran Kota Semarang [11], Dinas Pemadam Kebakaran Kota Surakarta [7], Suku Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Jakarta Timur [6], Dinas Pemadam

Kebakaran dan Penanggulangan Bencana Kota Palembang [8], penerapan Job Safety Analysis pada perusahaan perkebunan [12], mitigasi risiko ekstrem pada industri aviasi [13], serta manajemen bahaya hewan liar di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam [14].

Hasil dan Pembahasan

1. Potensi Bahaya Personel ARFF

Berdasarkan hasil telaah berbagai artikel ilmiah, regulasi nasional, serta standar internasional mengenai keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada personel Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF), diperoleh sepuluh potensi bahaya utama yang dapat dikelompokkan ke dalam lima klasifikasi, yaitu bahaya fisik, bahaya kimia, bahaya mekanik/peralatan, bahaya ergonomi, dan bahaya psikososial.

Gambaran Umum Lingkungan Kerja ARFF. Petugas ARFF beroperasi dalam lingkungan yang dinamis dan penuh tekanan. Berdasarkan ketentuan regulasi, operasional PKP-PK mencakup kawasan bandar udara dan area di luar bandara dalam radius hingga 5 mil (sekitar 8 km) dari titik referensi bandar udara (airport reference point), yang dapat meliputi daratan maupun perairan. Hal ini berarti petugas tidak hanya menghadapi bahaya di landasan pacu dan apron, tetapi juga potensi bahaya yang berkaitan dengan operasi laut (sea rescue) dan medan yang bervariasi.

Studi di Bandar Udara Internasional Kualanamu menemukan bahwa pengetahuan petugas ARFF terkait sea rescue masih relatif rendah, meskipun area cakupan operasionalnya mencakup wilayah perairan. Sementara itu, penelitian di Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap mengungkapkan bahwa kesiapan petugas PKP-PK dipengaruhi oleh faktor pengetahuan, keterampilan, peralatan, pelatihan, dan kondisi eksternal seperti cuaca [4].

a. Bahaya Fisik. Paparan panas ekstrem merupakan bahaya fisik paling signifikan dalam pekerjaan ARFF. Petugas yang terlibat dalam pemadaman kebakaran pesawat terpapar suhu yang jauh melebihi ambang batas aman kerja. Penelitian [10] menegaskan bahwa kompetensi teknis dalam menangani simulasi kebakaran pesawat skala penuh perlu diintegrasikan dengan aspek non-teknis seperti ketahanan psikologis. Full-scale aircraft fire simulations tetap menjadi standar emas pelatihan ARFF karena kemampuannya mereplikasi kondisi darurat nyata secara autentik. Pengendalian utama bahaya ini adalah penggunaan proximity suit yang mampu menahan radiasi panas hingga suhu tertentu, dikombinasikan dengan SCBA untuk perlindungan sistem pernapasan, serta rotasi petugas dan manajemen hidrasi selama operasi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian pada petugas pemadam kebakaran sipil di Indonesia. Identifikasi bahaya K3 pada Dinas Pemadam Kebakaran Kota Surakarta menemukan bahwa suhu udara di lokasi kebakaran yang dapat mencapai 100°C tergolong dalam kategori risiko ekstrem [7], sementara studi pada Dinas Pemadam Kebakaran Kota Semarang menegaskan bahwa luka bakar merupakan risiko kerja yang paling banyak dialami petugas akibat kontak langsung dengan panas atau api [11].

Selain paparan panas, bahaya fisik lain yang dihadapi adalah risiko sengatan listrik dan korsleting yang bersumber dari kendaraan pesawat yang rusak maupun instalasi listrik di area apron, serta bahaya di area perairan (water rescue) berupa risiko tenggelam, hipotermia, dan cedera saat penyelamatan air pada operasi SAR di radius 5 mil dari bandar udara. Penelitian di Bandar Udara Kualanamu menunjukkan adanya kesenjangan (gap) yang signifikan antara kondisi aktual kesiapan petugas dengan standar sea rescue yang dipersyaratkan regulasi, yang disebabkan oleh belum adanya program pelatihan terjadwal dan terbatasnya fasilitas pendukung [4]. Pengendalian yang diperlukan mencakup prosedur isolasi listrik dan pelatihan teknis electrical hazard, serta pelatihan sea rescue berkala dan penyediaan peralatan seperti rubber boat, alat selam, dan pelampung.

b. Bahaya Kimia. Bahan pemadam jenis Aqueous Film-Forming Foam (AFFF) yang secara luas digunakan di unit ARFF mengandung senyawa per- dan polifluoroalkil (PFAS) yang bersifat persisten dan berpotensi karsinogenik. Selain itu, pembakaran avtur dan material komposit pesawat modern menghasilkan gas beracun termasuk karbon monoksida (CO), hidrogen sianida, dan partikel fine particulate matter yang berbahaya bagi sistem pernapasan.

Pengendalian bahaya kimia memerlukan pendekatan berlapis: eliminasi melalui penggantian AFFF berbasis PFAS dengan alternatif yang lebih aman, substitusi peralatan dekontaminasi pasca-operasi, serta penggunaan APD lengkap termasuk SCBA. Pemantauan kesehatan berkala dengan pemeriksaan fungsi paru dan panel darah direkomendasikan untuk petugas yang terpapar rutin [15].

Studi Job Safety Analysis terhadap petugas pemadam kebakaran di Suku Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Jakarta Timur turut mengidentifikasi keracunan gas beracun dan paparan bahaya backdraft sebagai kategori risiko tertinggi, dengan keluhan kesehatan berupa sesak napas, pusing, dan mual akibat menghirup asap yang mengandung hidrogen sianida dan karbon monoksida [6]. Perkembangan teknologi kendaraan turut menghadirkan tantangan kimia baru bagi unit pemadam kebakaran; tinjauan literatur mengenai penanganan kebakaran kendaraan listrik menemukan bahwa kombinasi agen pemadam, seperti water mist dengan gas atau busa bertekanan, memberikan efektivitas terbaik dalam menurunkan suhu dan mencegah thermal runaway pada baterai lithium-ion [16], sebuah pertimbangan yang relevan seiring meningkatnya penggunaan kendaraan dan peralatan pendukung darat (ground support equipment) bertenaga listrik di lingkungan bandar udara.

c. Bahaya Mekanik dan Peralatan. Kendaraan utama PKP-PK, khususnya foam tender, harus beroperasi dengan kecepatan tinggi dalam waktu singkat untuk memenuhi response time dua menit yang ditetapkan ICAO. Kondisi ini meningkatkan risiko kecelakaan kendaraan, terutama jika pemeliharaan tidak dilakukan secara sistematis. Hasil penelitian [5] menegaskan bahwa kesalahan dalam perawatan dan pemeliharaan kendaraan foam tender berpengaruh negatif terhadap efektivitas keselamatan operasional kerja unit PKP-PK. Kegagalan peralatan seperti pompa busa dan SCBA akibat kurangnya maintenance juga berpotensi menimbulkan keterlambatan respons dan eskalasi kebakaran.

Regulasi KP 14 Tahun 2015 [20] menetapkan jadwal pemeliharaan kendaraan yang mencakup pengecekan harian (kondisi fisik kendaraan, bahan bakar, oli mesin), mingguan (uji response time, selang pemadam, BA set), bulanan (pengetesan pompa pemadam), serta pemeliharaan triwulanan, semesteran, dan tahunan. Kepatuhan terhadap jadwal ini merupakan prasyarat kesiapan operasional dan keselamatan personel [17].

Penerapan metode Job Safety Analysis (JSA) pada pekerjaan yang melibatkan mesin dan peralatan bertekanan tinggi di sebuah perusahaan perkebunan menunjukkan bahwa pekerjaan dengan intensitas mekanis tinggi dapat mencapai kategori extreme risk apabila tidak disertai prosedur kerja dan APD yang memadai, sehingga pengendalian teknis dan administratif perlu diprioritaskan sebelum mengandalkan APD semata [12]. Sejalan dengan hal tersebut, evaluasi implementasi K3 pada Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana Kota Palembang menemukan bahwa SOP yang tersedia masih bersifat garis besar tanpa detail teknis mengenai pemakaian APD maupun tahapan operasional, sehingga menimbulkan kerancuan pelaksanaan di lapangan dan berkontribusi terhadap peningkatan angka kecelakaan kerja [8].

d. Bahaya Ergonomi. Penggunaan APD berat (proximity suit, SCBA, helm, dan sarung tangan tebal) dalam durasi panjang menimbulkan beban fisik yang signifikan. Ditambah dengan jadwal shift kerja yang panjang dan tuntutan kesiagaan penuh selama operasional bandara berlangsung, petugas ARFF rentan mengalami cedera muskuloskeletal, kelelahan fisik kronis, dan penurunan konsentrasi. Penelitian [18] menemukan bahwa kesiapan personel dipengaruhi oleh stamina, kesehatan, dan etos

kerja yang berkaitan langsung dengan kinerja unit PKP-PK. Pengendalian yang direkomendasikan meliputi rotasi tugas, latihan fisik rutin, dan manajemen shift sesuai regulasi.

e. Bahaya Psikososial. Petugas ARFF secara reguler terpapar pemandangan korban kecelakaan dan situasi darurat yang traumatik. Tanpa dukungan psikologis yang memadai, hal ini dapat berkembang menjadi PTSD, burnout, atau gangguan kecemasan yang menurunkan kualitas kinerja. Model I-P-O-O (Input-Process-Output-Outcome) yang dikembangkan [10] menekankan pentingnya integrasi pelatihan Non-Technical Skills (NTS) termasuk ketahanan psikologis ke dalam kurikulum ARFF secara holistik.

Bahaya psikososial juga mencakup risiko organisasional berupa kurangnya koordinasi dan komunikasi darurat. Keterbatasan sistem informasi terintegrasi merupakan salah satu hambatan utama dalam manajemen darurat di unit PKP-PK. Tanpa koordinasi yang efektif antara PKP-PK, Air Traffic Controller (ATC), layanan medis darurat, dan otoritas bandara, respons terhadap insiden dapat terlambat dan mengakibatkan korban yang tidak perlu. Penelitian [9] menemukan bahwa implementasi Integrated Emergency Management System (IEMS) dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya hingga 30% dibandingkan sistem konvensional [19]. Perancangan SIAGA-PK sebagai sistem pelaporan digital berbasis website di Bandar Udara Halim Perdanakusuma merupakan salah satu inovasi dalam mengatasi keterbatasan sistem manual, memungkinkan pemantauan real-time kesiapan fasilitas PKP-PK dan meminimalkan human error [17].

2. Analisis Risiko

Penilaian risiko dilakukan dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya bahaya (likelihood) dan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (severity). Dari sepuluh potensi bahaya yang teridentifikasi, enam kategori dikategorikan berisiko tinggi, yaitu paparan panas ekstrem, terhirup gas beracun, kecelakaan kendaraan operasional, kegagalan peralatan, bahaya operasi perairan, serta kurangnya koordinasi dan komunikasi darurat. Satu kategori, yaitu paparan bahan kimia berbahaya (HAZCHEM), berada pada tingkat sedang-tinggi, sementara tiga kategori lainnya, yaitu risiko ergonomi, bahaya listrik, dan risiko psikologis, berada pada tingkat sedang.

Pola ini menunjukkan bahwa risiko tertinggi umumnya berasal dari bahaya yang bersifat akut dan berpotensi menimbulkan cedera fatal dalam waktu singkat, seperti paparan panas, gas beracun, kecelakaan kendaraan, kegagalan peralatan, operasi perairan, serta kegagalan koordinasi darurat. Sebaliknya, risiko berkategori sedang cenderung bersifat kronis atau kumulatif, seperti gangguan muskuloskeletal dan psikologis, atau bergantung pada kondisi insidental tertentu, seperti bahaya listrik. Temuan ini mengindikasikan perlunya prioritas pengendalian pada bahaya berisiko tinggi tanpa mengabaikan potensi akumulasi dampak jangka panjang dari bahaya berisiko sedang, mengingat kedua jenis risiko tersebut sama-sama dapat menurunkan kesiapan operasional personel ARFF apabila dibiarkan tanpa pengendalian yang memadai.

Pola distribusi risiko sedang hingga tinggi ini konsisten dengan studi Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) pada petugas pemadam kebakaran Kota Surakarta, yang menemukan risiko kategori sedang sebagai proporsi terbesar (41,67%), diikuti kategori tinggi (29,17%), rendah (20,83%), dan ekstrem (8,33%) [7]. Temuan serupa juga dilaporkan pada penerapan Job Safety Analysis di Jakarta Timur, dengan risiko tinggi sebesar 6% pada aspek keracunan gas dan bahaya backdraft, risiko sedang 51%, dan risiko rendah 47% [6]. Pada konteks industri aviasi secara lebih luas, penilaian HIRA turut mengidentifikasi risiko kategori ekstrem pada aspek paparan bahan kimia berbahaya, cedera akibat kegagalan peralatan, dan paparan kebisingan berlebih, yang menegaskan bahwa risiko K3 di lingkungan aviasi cenderung terkonsentrasi pada bahaya kimia, mekanik, dan fisik sebagaimana juga ditemukan pada personel ARFF [13].

3. Strategi Pengendalian

Hierarki Pengendalian. Pengendalian risiko K3 pada unit ARFF harus mengikuti hierarki pengendalian yang meliputi: (1) Eliminasi sumber bahaya; (2) Substitusi dengan bahan atau metode yang lebih aman; (3) Rekayasa teknik; (4) Pengendalian administratif; dan (5) Alat Pelindung Diri (APD). Dalam praktik operasional ARFF, pengendalian administratif dan APD seringkali menjadi andalan, meskipun pengendalian pada hierarki lebih tinggi lebih efektif dalam jangka panjang.

Pengendalian melalui Pelatihan dan Kompetensi. Model I-P-O-O yang dikembangkan [10] menempatkan standar kompetensi nasional berbasis ICAO Doc 9137 sebagai fondasi input pelatihan. Empat pilar pelatihan ARFF yang efektif mencakup: (1) Competency-Based Training and Assessment (CBTA); (2) teknologi immersif seperti VR/AR; (3) Non-Technical Skills (NTS) dan ketahanan psikologis; serta (4) evaluasi berkelanjutan. Implementasi After Action Review (AAR) pasca setiap sesi pelatihan terbukti meningkatkan retensi keterampilan teknis dan non-teknis secara signifikan.

Pengendalian Teknis dan Sistem Digital. Pemeliharaan kendaraan dan peralatan secara terjadwal merupakan pengendalian teknis yang paling mendasar. Jadwal pemeliharaan komprehensif yang mencakup pemeriksaan harian, mingguan, bulanan, triwulanan, semesteran, dan tahunan sebagaimana diatur dalam KP 14/2015 [20] harus dipatuhi secara disiplin. Implementasi sistem digital seperti SIAGA-PK memungkinkan pemantauan real-time ketersediaan dan kondisi peralatan, serta menghasilkan rekam jejak audit yang akuntabel.

Penerapan IEMS yang mengintegrasikan pusat komando dan kontrol, sistem komunikasi terintegrasi, dan perangkat lunak analitik memberikan kemampuan respons yang lebih cepat dan terkoordinasi. Studi kasus di Bandar Udara Soekarno-Hatta menunjukkan bahwa IEMS secara signifikan meningkatkan koordinasi antara unit PKP-PK, ATC, dan layanan medis darurat, menghasilkan respons yang lebih efektif terhadap insiden darurat.

Pemantauan Kesehatan dan Dukungan Psikologis. Program pemantauan kesehatan berkala bagi petugas ARFF harus mencakup pemeriksaan fungsi paru (spirometri), kardiologi, pemeriksaan darah lengkap dengan profil toksikologi, serta skrining kesehatan mental. Debriefing psikologis pasca insiden besar dan program dukungan peer support merupakan intervensi penting untuk mencegah akumulasi trauma psikologis. Sesuai rekomendasi [10], instruktur ARFF harus dibekali kemampuan mengevaluasi indikator perilaku ketahanan, komunikasi, dan kerja tim.

Pengendalian Berbasis Manajemen Pengetahuan dan Perubahan. Pendekatan manajemen pengetahuan seperti model SECI (Socialization, Externalization, Combination, Internalization) yang dikombinasikan dengan metode Management of Change (MOC) terbukti efektif memperkuat budaya keselamatan kerja pada industri aviasi, melalui sosialisasi SOP terkait risiko ekstrem, pengembangan materi pelatihan berbasis simulasi dan teknologi immersif, penyusunan model pengetahuan sistematis, hingga promosi keselamatan kerja yang berkelanjutan [13]. Pendekatan serupa relevan diadaptasi pada unit PKP-PK untuk memastikan pengetahuan K3 tersebar, terdokumentasi, dan terinternalisasi secara konsisten di seluruh personel, terutama mengingat temuan bahwa SOP yang tidak detail dan status kepegawaian yang tidak jelas dapat menjadi faktor penghambat utama efektivitas implementasi K3 pada unit pemadam kebakaran [8].

4. Implikasi terhadap Keselamatan Penerbangan

Pengelolaan potensi bahaya dan risiko K3 pada personel ARFF memiliki keterkaitan langsung dengan keselamatan penerbangan secara keseluruhan. Standar ICAO mensyaratkan response time PKP-PK tidak melebihi dua hingga tiga menit sejak notifikasi awal [1]; pencapaian standar ini sangat bergantung pada kesiapan fisik, mental, dan operasional personel yang bebas dari gangguan akibat kelelahan, cedera, maupun kegagalan peralatan. Ketika bahaya seperti heat stroke, cedera muskuloskeletal, atau kecelakaan kendaraan operasional tidak dikendalikan dengan baik, kapasitas unit PKP-PK dalam merespons keadaan darurat secara cepat dan efektif dapat menurun, yang pada akhirnya berdampak pada peluang keselamatan (survivability) penumpang dan awak pesawat dalam

kejadian kecelakaan [15].

Demikian pula, kegagalan koordinasi dan komunikasi darurat dapat memperlambat proses evakuasi dan pertolongan, sehingga meningkatkan risiko korban jiwa. Dengan demikian, manajemen K3 yang komprehensif bagi personel ARFF bukan hanya bertujuan melindungi keselamatan dan kesehatan individu petugas, tetapi juga merupakan prasyarat mendasar bagi terwujudnya sistem keselamatan penerbangan yang andal. Kesiapan sumber daya manusia PKP-PK, dengan kata lain, merupakan komponen integral dari rantai keselamatan operasi bandar udara secara menyeluruh.

Selain risiko K3 personel, keselamatan operasi penerbangan di bandar udara turut dipengaruhi oleh manajemen bahaya lain di area sisi udara (airside) yang penanganannya juga melibatkan unit ARFF, seperti gangguan hewan liar dan burung. Studi penerapan metode Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) pada manajemen bahaya hewan liar di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam menunjukkan bahwa risiko burung dapat mencapai kategori ekstrem apabila tidak dikendalikan melalui inspeksi rutin dan koordinasi antara petugas Apron Movement Control, safety, dan ARFF [14]. Temuan ini menegaskan bahwa kesiapan personel ARFF merupakan salah satu dari beberapa lapis pertahanan yang saling terkait dalam sistem manajemen keselamatan bandar udara secara menyeluruh, sehingga penguatan K3 pada unit ARFF perlu diselaraskan dengan penguatan manajemen risiko keselamatan operasional lainnya.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi sepuluh potensi bahaya utama dan risiko K3 yang dihadapi petugas ARFF di bandar udara, yang dikelompokkan ke dalam lima klasifikasi yaitu bahaya fisik, bahaya kimia, bahaya mekanik/peralatan, bahaya ergonomi, dan bahaya psikososial, dengan tingkat risiko berkisar dari sedang hingga tinggi. Bahaya paparan panas, terhirup gas beracun, kecelakaan kendaraan operasional, kegagalan peralatan, bahaya operasi perairan, dan kegagalan koordinasi darurat dikategorikan sebagai risiko tinggi yang memerlukan penanganan prioritas.

Pengendalian risiko yang efektif memerlukan pendekatan berlapis dan sistematis, meliputi: (1) pemeliharaan kendaraan dan peralatan sesuai jadwal yang dipersyaratkan KP 14/2015 [20]; (2) pelatihan berbasis kompetensi yang mengintegrasikan aspek teknis, non-teknis, dan ketahanan psikologis; (3) penggunaan APD standar termasuk proximity suit dan SCBA; (4) implementasi sistem digital seperti IEMS dan SIAGA-PK untuk meningkatkan koordinasi dan pemantauan real-time; serta (5) program pemantauan kesehatan berkala dan dukungan psikologis bagi personel. Selain itu, temuan menegaskan bahwa pengendalian risiko K3 pada personel ARFF berimplikasi langsung terhadap kesiapan respons darurat dan keselamatan penerbangan secara keseluruhan.

Kesenjangan yang masih ditemukan di berbagai bandar udara Indonesia, terutama terkait kesiapan sea rescue, pemeliharaan peralatan, dan integrasi sistem informasi darurat, mengindikasikan perlunya komitmen kelembagaan yang lebih kuat dalam implementasi manajemen K3 yang komprehensif dan berkelanjutan di unit PKP-PK. Penelitian lanjutan yang bersifat kuantitatif dan studi kasus lapangan di berbagai kategori bandar udara sangat direkomendasikan untuk memperkuat basis empiris dari temuan ini.

Daftar Pustaka

- [1] International Civil Aviation Organization, *Doc 9137-AN/898 Airport Services Manual*, 4th ed., 2015, pp. 1–174.
- [2] Saputra, Y. H. 2022. Analisis Kinerja Dan Pengembangan Karir Karyawan Pada Unit Pertolongan Kecelakaan Penerbangan Dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK) Di Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Solo. *Jurnal Ground Handling Dirgantara*, vol. 4, pp. 146–149.
- [3] Chaerunnisa, K., Saleh, L.M., Awaluddin. 2022. Identifikasi bahaya dan risiko K3 pada unit ARFF Bandara Sultan Hasanuddin Makassar dengan metode HIRARC. *Hasanuddin Journal of Public Health*, Volume 3 Issue 1, pp. 32–46.

- [4] Laksono, B.I., Suprpti, S. 2024. Analisis Kesiapan Petugas Pertolongan Kecelakaan Penerbangan Dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK) Dalam Kecelakaan Pesawat Di Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap. *Jurnal of Management and Social Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 12–26.
- [5] Sari, I.T.A., Sholihin, M.A., Wagini, D. 2024. Analisis Pengaruh Perawatan Dan Pemeliharaan Kendaraan Foam Tender Terhadap Efektivitas Keselamatan Operasional Kerja Pada Unit Pertolongan Kecelakaan Pesawat Dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK). *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, vol. 2, pp. 241–250.
- [6] Daeli, C. E. 2023. Analisis Risiko pada Petugas Pemadam Kebakaran dengan Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA) di Suku Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Kotamadya Jakarta Timur. *Dohara Publisher Open Access Journal*, vol. 3, pp. 117–122.
- [7] Jayati, C.D.S.E., Ani, N., Triyanta. 2020. Identifikasi Potensi Bahaya K3 pada Tim Petugas Pemadam Kebakaran di Dinas Pemadam Kebakaran Kota Surakarta. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Berkala*, vol. 2, no. 2, pp. 55–64.
- [8] Nabila, M.I.S. 2023. *Implementasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Bagi Petugas Pemadam Kebakaran di Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana Kota Palembang*. Skripsi Program Studi Manajemen Keamanan dan Keselamatan Publik IPDN.
- [9] Priaditama, K. R., Wardani, E. P., Sadiatmi, R. 2024. Pengaruh Implementasi Integrated Emergency Management Systems (IEMS) Dalam Unit Pertolongan Kecelakaan Pesawat–Pemadam Kebakaran (PKP-PK) Terhadap Tingkat Kesiapan Dalam Keadaan Darurat Di Lingkungan Bandar Udara Secara Efektif Dan Real-Time. *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, vol. 2, pp. 251–266.
- [10] Abdusshomad, A., Kurnianto, B., Kalbuana, N. 2026. A Conceptual Model of Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF) Training Effectiveness for Enhancing National Aviation Safety. *Journal of Aeronautical Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 87–99.
- [11] Aini, A. N. 2016. Analisis Risiko Kerja dan Upaya Pengendalian Bahaya Pada Petugas Pemadam Kebakaran Di Dinas Pemadam Kebakaran Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 4, pp. 277–283.
- [12] Sugarindra, M., Suryoputro, M. R., Novitasari, A. T. 2017. Hazard Identification and Risk Assessment of Health and Safety Approach JSA (Job Safety Analysis) in Plantation Company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 215, no. 1, pp. 1–10.
- [13] Budiman, R., Handoko, F., Indra Laksana, D. 2025. Mitigasi Resiko Kategori Extreme dari Hasil Analisis HIRA (Hazard Identification and Risk Assessment) pada Industri Aviasi. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan*, vol. 6, no. 1, pp. 19–32.
- [14] Simanjuntak, L.A., Sutarwati, S. 2023. Analisis Penerapan Manajemen Bahaya Hewan Liar Dalam Menunjang Keselamatan Penerbangan Dengan Metode Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) Di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam. *Student Scientific Creativity Journal (SSCJ)*, vol. 1, no. 4, pp. 273–282.
- [15] Woodman, S., Bearman, C., Hayes, P. 2024. Aviation safety and accident survivability: Where is the need for aviation rescue fire fighting services greatest? *Safety Science*, vol. 173, pp. 1–10.
- [16] Joko Priono, M.K.K.K. 30 March 2026. *Beberapa Penelitian terkait Penanganan Kebakaran pada Kendaraan Listrik*. <https://hsepedia.com/beberapa-penelitian-terkait-penanganan-kebakaran-pada-kendaraan-listrik/> (Accessed on April 5, 2026).
- [17] Priaditama, K. R., Saulina, M., Sinaga, T. A. M. 2025. Perencanaan Siaga-PK: Optimalisasi Pelaporan Fasilitas Peralatan Operasi PKP-PK Berbasis Digital Di Bandar Udara Halim Perdanakusuma. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3S1, pp. 440–452.
- [18] Rahma, A. N., Chandra Prasetya, A., Putriekapuja, R. A. 2024. Pengaruh Kesiapan Dan Kinerja Personil PKP-PK Untuk Meningkatkan Keselamatan Di Bandara. *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, vol. 2, pp. 143–155.
- [19] Emir, O., Işık, O., Ermiş, M. 2025. Use of Agent-Based Simulation Models: A Review for First Responder Capabilities in Disaster Response. *Procedia Computer Science*, vol. 274, pp. 130–138.
- [20] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2015. *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 14 Tahun 2015 tentang Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standard CASR Part 139) Volume IV Pelayanan PKP-PK*.
- [21] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2022. *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 30 Tahun 2022 tentang Standar Teknis dan Operasional Jasa PKP-PK Bagian 139 Jilid IV*.
- [22] *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan*.