



Analisis Literatur mengenai Hubungan Pemeliharaan Kendaraan Foam Tender dan Kesiapsiagaan Operasional ARFF

Andi Pradana¹, Rosyid Khoiruddin², Supri³

^{1,2} Mahasiswa Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

³ Dosen Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

*Penulis Korespondensi: pradana.andi2003@gmail.com, rosyidkopongq@gmail.com, supri.supri@ppicurug.ac.id

Abstract. ARFF operational readiness is largely supported by the technical condition of Foam Tender vehicles, shaped by preventive maintenance, corrective maintenance, and spare parts availability. This article analyzes the partial and simultaneous roles of these three factors in supporting ARFF operational readiness through a literature review using inductive content analysis. Findings show that preventive maintenance underpins vehicle reliability, corrective maintenance serves as a rapid recovery mechanism after failures, and spare parts availability enables the effectiveness of both. The three variables are interdependent, forming a safety chain that requires an integrated maintenance management approach to sustain ARFF readiness. Further quantitative research is recommended to test these hypotheses across airports in Indonesia

Keywords: preventive maintenance, corrective maintenance, spare parts availability, operational readiness, ARFF

Abstrak. Kesiapsiagaan operasional unit ARFF sangat didukung oleh kondisi teknis kendaraan Foam Tender, yang ditentukan oleh pemeliharaan preventif, pemeliharaan korektif, dan ketersediaan suku cadang. Artikel ini menganalisis peranan ketiga faktor tersebut, baik secara parsial maupun simultan, terhadap kesiapsiagaan operasional ARFF melalui studi literatur (library research) dengan metode analisis isi secara induktif. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemeliharaan preventif menjadi fondasi keandalan kendaraan, pemeliharaan korektif berperan sebagai mekanisme pemulihan cepat pasca-kegagalan, dan ketersediaan suku cadang menjadi penggerak bagi efektivitas keduanya. Ketiga variabel saling bergantung membentuk satu rantai keselamatan (safety chain), sehingga diperlukan pendekatan manajemen pemeliharaan terpadu untuk menjaga kesiapsiagaan operasional ARFF secara konsisten. Penelitian lanjutan secara kuantitatif disarankan untuk menguji hipotesis ini di berbagai bandar udara di Indonesia..

Kata kunci: pemeliharaan preventif, pemeliharaan korektif, ketersediaan suku cadang, kesiapsiagaan operasional, ARFF

1. LATAR BELAKANG

Bandar udara merupakan infrastruktur strategis yang harus didukung oleh jaminan keselamatan dan keamanan penerbangan. Salah satu fasilitas keselamatan wajib adalah Airport Rescue and Fire Fighting (ARFF), yang berperan memberikan pertolongan kecelakaan, pemadaman kebakaran, dan penanganan keadaan darurat. Penyelenggara bandar udara wajib menyediakan, mengoperasikan, dan memelihara kendaraan serta

fasilitas penunjang ARFF sesuai kategori bandar udara (Direktorat Jendral Perhubungan Udara, 2022).

Salah satu kendaraan utama PKP-PK adalah Foam Tender, yang digunakan untuk menangani kebakaran pesawat udara dengan media air, konsentrat busa, dan serbuk kimia kering. Kesiapan teknis kendaraan ini sangat menentukan kecepatan, keandalan, dan efektivitas operasi darurat dan sangat dipengaruhi oleh bagaimana kendaraan dipelihara, baik melalui pencegahan kerusakan, perbaikan saat terjadi gangguan fungsi, maupun dukungan ketersediaan komponen pengganti (Sari et al., 2024).

Pemeliharaan preventif, berupa pemeriksaan dan perawatan rutin terjadwal, menjadi lapis pertama pencegahan kerusakan. (Dwipa et al., 2024) menunjukkan bahwa sistem Preventive Maintenance Checklist Smart System berbasis website dikembangkan untuk meningkatkan kesiapan kendaraan ARFF di Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai, mengingat pelaksanaan pemeliharaan preventif secara konvensional masih rawan kesalahan manusia sehingga membutuhkan dokumentasi dan pengawasan yang lebih terintegrasi.

Ketika pemeliharaan preventif tidak mampu mencegah seluruh kerusakan, pemeliharaan korektif berperan mengembalikan fungsi kendaraan. (Salsabila et al., 2024) di Bandar Udara Juwata Tarakan menemukan bahwa pemeliharaan mencakup identifikasi penyebab kerusakan dan pemenuhan standar kelayakan kendaraan. Perawatan dan pemeliharaan Foam Tender ini berperan terhadap efektivitas keselamatan operasional, dan keterlambatan perbaikan dapat menurunkan kesiapan unit saat darurat. (Pangestu et al., 2025) memperkuat hal ini melalui evaluasi performa kendaraan FT 02 Morita MJ 10 di Bandar Udara Halim Perdanakusuma, yang menunjukkan penurunan performa dapat menghambat kesiapsiagaan operasional ARFF bila tidak segera diperbaiki.

Efektivitas pemeliharaan preventif dan korektif tersebut bergantung pada ketersediaan suku cadang kendaraan. Manajemen persediaan suku cadang menjaga keandalan sistem dan keberlangsungan pemeliharaan. Pada kendaraan ARFF, keterlambatan atau ketidaktersediaan suku cadang dapat memperpanjang waktu perbaikan dan menurunkan kesiapan operasional, sekalipun jadwal pemeliharaan telah disusun dengan baik (Kim et al., 2021; Teunter et al., 2023).

Ketiga aspek tersebut membentuk rangkaian yang saling menentukan kesiapsiagaan operasional ARFF: pemeliharaan preventif mencegah kerusakan sedini mungkin, pemeliharaan korektif mengembalikan fungsi kendaraan, dan ketersediaan suku cadang menentukan kecepatan pelaksanaan keduanya. Namun, kajian yang mengintegrasikan ketiga faktor ini secara simultan terhadap kesiapsiagaan operasional ARFF masih terbatas, karena penelitian terdahulu umumnya membahas secara terpisah (Sari et al., 2024; Salsabila et al., 2024; Dwipa et al., 2024; Pangestu et al., 2025).

Oleh karena itu, artikel ini disusun untuk menganalisis pengaruh pemeliharaan preventif, pemeliharaan korektif, dan ketersediaan suku cadang terhadap kesiapsiagaan operasional ARFF melalui pendekatan studi literatur, sekaligus menjadi referensi bagi pengelola bandar udara dalam meningkatkan kesiapan operasional melalui pemeliharaan kendaraan yang lebih terencana dan didukung manajemen suku cadang yang memadai.

2. KAJIAN TEORITIS

1. Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan preventif adalah strategi pemeliharaan proaktif yang menjaga aset dalam kondisi optimal dan mengurangi perbaikan yang tidak terjadwal (Djonli et al., 2020). Pemeliharaan ini bersifat proaktif karena dilaksanakan berdasarkan interval waktu atau jam operasional tertentu, bukan sebagai respons atas kerusakan yang telah terjadi.

Pada kendaraan Foam Tender ARFF, pemeliharaan preventif dilaksanakan secara berjenjang sesuai KP 547 Tahun 2015 dan KP 04 Tahun 2013, meliputi: inspeksi harian (daily inspection), servis mingguan, pemeriksaan bulanan terhadap sistem pompa dan foam, serta general overhaul tahunan. Seluruh kegiatan tersebut harus terdokumentasi dan dapat diaudit sebagai bagian dari sistem manajemen keselamatan bandar udara.

2. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan Korektif atau dikenal juga dengan perbaikan korektif, merujuk pada tindakan perbaikan yang tidak direncanakan yang dilakukan setelah kerusakan atau kegagalan terjadi pada suatu kendaraan (Aryadinatha et al., 2023). Pemeliharaan ini bersifat reaktif karena dipicu oleh kegagalan aktual yang terjadi selama operasional kendaraan.

Pemeliharaan korektif dibedakan menjadi dua jenis: (1) immediate corrective maintenance, yaitu perbaikan yang harus dilakukan segera karena berdampak langsung pada kesiapan operasional kendaraan; dan (2) deferred corrective maintenance, yaitu perbaikan yang dapat dijadwalkan tanpa menghentikan operasional secara keseluruhan. Pada kendaraan Foam Tender ARFF, kerusakan pada sistem penggerak utama, pompa, dan foam system tergolong immediate corrective maintenance yang penanganannya diatur dalam PM 30 Tahun 2022 dan ICAO Annex 14.

3. Ketersediaan Suku Cadang

Ketersediaan suku cadang adalah kondisi ketika komponen atau spare part yang dibutuhkan untuk kegiatan pemeliharaan tersedia dalam jumlah yang memadai, pada waktu yang tepat, dan di lokasi yang diperlukan sehingga mendukung kelancaran proses perawatan maupun perbaikan mesin (Pakpahan et al., 2022). Ketersediaan suku cadang merupakan faktor pendukung utama dalam pelaksanaan baik pemeliharaan preventif maupun korektif.

Suku cadang kendaraan Foam Tender ARFF diklasifikasikan menjadi tiga kategori: (1) fast moving parts, yaitu komponen yang sering diganti seperti filter, seal, dan fan belt; (2) slow moving parts, yaitu komponen yang jarang diganti namun kritis seperti pompa dan komponen transmisi; serta (3) insurance parts, yaitu komponen yang sangat jarang rusak namun kegagalannya dapat melumpuhkan kendaraan. Ketidaktersediaan suku cadang kritis dapat menyebabkan extended downtime yang berpotensi menurunkan kategori ARFF bandar udara (down grade) sesuai ICAO Annex 14.

Tabel 1

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Author (tahun)	Hasil Riset Terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
1	(Janosik et al., 2023)	Uji pengereman dan manuver dua kendaraan ARFF (M-B Buffalo & Rosenbauer Panther) di Bandara Ostrava menunjukkan bahwa overheating drum brake menurunkan efisiensi pengereman secara signifikan. Panther unggul dalam akselerasi 0–100 m meskipun berbobot lebih besar.	Kondisi teknis kendaraan ARFF berpengaruh langsung terhadap efektivitas operasional; pemeliharaan sistem rem sangat menentukan kesiapan kendaraan dalam respons darurat	Fokus pada uji teknis kendaraan secara eksperimental (lapangan), bukan kajian pengaruh variabel pemeliharaan terhadap kesiapsiagaan ARFF secara menyeluruh
2	(Riza Nuril Amri et al., 2025)	FT 11 Oshkosh Striker 3000 di Bandara Soekarno-Hatta tidak memenuhi standar KP 547 Tahun 2015; discharge rate hanya 4.101 L/menit (standar min. 5.300 L/mnt) dan discharge range hanya 54 meter (standar min. 70 m). Penyebab utama: degradasi sistem pompa.	Pemeliharaan korektif & ketersediaan suku cadang berpengaruh terhadap kesiapsiagaan operasional ARFF; performa kendaraan Foam Tender sebagai kendaraan utama ARFF	Fokus pada analisis performa aktual satu kendaraan spesifik (FT 11), bukan pengkajian pengaruh variabel pemeliharaan terhadap kesiapsiagaan operasional ARFF
3	(Kurniawati et al., 2024)	Chassis Crash Car Tipe 1 Merk X (double frame, 2010) memiliki konstruksi paling lemah dibanding merk Y dan Z; nilai Von Mises stress mendekati yield strength, displacement terbesar, dan Remaining Service Life hanya ±18 tahun	Kondisi teknis kendaraan ARFF (kerusakan struktural, korosi) berpengaruh pada keandalan dan ketersediaan kendaraan dalam operasional ARFF	Fokus pada analisis struktural chassis secara komputasional (FEM/SolidWorks), bukan pada manajemen pemeliharaan atau kesiapsiagaan operasional ARFF

No	Author (tahun)	Hasil Riset Terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
		akibat laju korosi tinggi.		
4	(Pangestu et al., 2025)	Kendaraan Foam Tender Morita MJ 10 (1988) di Bandar Udara Halim Perdanakusuma tidak memenuhi standar PR 30 Tahun 2022; akselerasi, top speed (maks. 55 km/jam), dan discharge rate di bawah standar akibat usia dan pemeliharaan yang tidak dapat mengkompensasi penuaan	Pemeliharaan korektif & ketersediaan suku cadang berpengaruh terhadap kesiapsiagaan operasional ARFF	Fokus pada analisis performa kendaraan spesifik, bukan pengaruh variabel pemeliharaan
5	(Chaerunnisa et al., 2022)	Identifikasi 14 potensi bahaya pada personel unit ARFF Bandara Sultan Hasanuddin Makassar menggunakan metode HIRADC: 5 bahaya risiko rendah, 6 sedang, dan 3 tinggi (tertimpa, penularan penyakit, keracunan nitrogen). Pengendalian dilakukan melalui hierarki engineering, administrative control, dan APD.	Kesiapsiagaan personel dan operasional unit ARFF merupakan komponen penting dalam keselamatan penerbangan; kondisi kerja yang tidak optimal berpengaruh pada efektivitas respons darurat	Fokus pada risiko K3 personel ARFF, bukan pada pemeliharaan kendaraan Foam Tender atau variabel pemeliharaan preventif/korektif dan ketersediaan suku cadang

No	Author (tahun)	Hasil Riset Terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
6	(Mardhatilla Abinza & Dewantari, 2023)	Operasi unit ARFF Bandara Adi Soemarmo Boyolali dinilai cukup baik dalam menjaga keselamatan penerbangan melalui program kerja rutin (patroli, fire building exercise, latihan fisik 4x/minggu). Kendala utama: FOD di airside oleh warga sekitar dan asap pembakaran jerami yang mengganggu visibilitas runway.	Pemeliharaan kendaraan ARFF & kesiapsiagaan operasional merupakan pilar utama keselamatan penerbangan; operasi, pemeliharaan, dan pelatihan sebagai tiga fungsi utama ARFF	Fokus pada implementasi operasional unit ARFF secara umum, bukan pada pengaruh pemeliharaan preventif, korektif, dan ketersediaan suku cadang terhadap kesiapsiagaan operasional

3. METODE PENELITIAN

Penulisan artikel ilmiah ini menggunakan literature review (library research), yang melibatkan pengumpulan dan analisis data dari berbagai sumber literatur yang relevan, berfokus pada penelitian terdahulu mengenai perawatan dan pemeliharaan kendaraan ARFF (Al Fatah et al., 2024). Data yang diperoleh dianalisis melalui metode analisis isi, yang memungkinkan peneliti untuk menelaah secara kritis isi literatur dan dokumen dengan berfokus pada makna, konteks, dan relevansi topik penelitian. Seluruh proses ini dilakukan dengan tetap memperhatikan keakuratan, konsistensi argumen, dan objektivitas penalaran akademik.

Dengan kata lain, kajian pustaka harus digunakan secara induktif sehingga tidak mengarahkan pertanyaan peneliti. Buku teks, jurnal ilmiah, dan peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan topik keselamatan penerbangan dan manajemen pemeliharaan kendaraan operasional ARFF adalah sumber informasi yang dikaji. Informasi ini dapat diperoleh baik secara offline maupun secara online melalui media online seperti Mendeley, Google Scholar, dan lainnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Peranan Pemeliharaan Preventif Dalam Mendukung Kesiapsiagaan Operasional ARFF

Para ahli menegaskan bahwa pemeliharaan preventif merupakan fondasi utama keandalan kendaraan *Aircraft Rescue and Fire Fighting* (ARFF). Dalam kerangka *Reliability-Centered Maintenance* (RCM), pemeliharaan preventif yang mencakup jadwal servis berkala, *daily inspection*, pelumasan, dan penggantian komponen aus secara langsung mereduksi risiko kegagalan mendadak. ICAO Doc 9137 menetapkan bahwa setiap kendaraan ARFF wajib menjalani program pemeliharaan komprehensif mulai dari inspeksi harian hingga pemeliharaan tahunan, guna memastikan seluruh sistem kendaraan senantiasa berada dalam kondisi operasional optimal sesuai standar yang dipersyaratkan.

Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian (Ardiansyah & Albanna, 2022). di Bandar Udara Adi Soemarmo Solo yang membuktikan bahwa pelaksanaan pemeliharaan rutin berjenjang — harian, mingguan, bulanan, hingga tahunan — yang masing-masing dilengkapi Prosedur Operasional Standar (POS) secara nyata meningkatkan keandalan kendaraan ARFF. (Supri et al., 2024). dan (Abdullah et al., 2021) selanjutnya mengonfirmasi bahwa pemeliharaan preventif yang konsisten terbukti meningkatkan tingkat *availability* kendaraan serta mempertahankan kapasitas respons darurat, baik dari aspek kecepatan maupun efektivitas.

Berdasarkan kajian tersebut, penulis berpendapat bahwa efektivitas pemeliharaan preventif tidak hanya ditentukan oleh kelengkapan jadwal, tetapi juga oleh kompetensi personel pelaksana. Teknisi yang terlatih mampu mendeteksi gejala awal kerusakan yang tidak tertangkap dalam pemeriksaan standar, sehingga program pelatihan bagi personel pemeliharaan harus menjadi bagian integral dari sistem ini. Pemeliharaan preventif yang terjadwal, konsisten, dan didukung SDM yang kompeten akan menghasilkan peningkatan keandalan kendaraan Foam Tender dan optimalisasi kesiapsiagaan operasional ARFF secara berkelanjutan.

2. Peranan Pemeliharaan Korektif Dalam Mendukung Kesiapsiagaan Operasional ARFF

Kegagalan komponen yang tidak terduga tetap dapat terjadi meski pemeliharaan preventif telah berjalan optimal, sehingga pemeliharaan korektif menjadi elemen yang tidak dapat diabaikan. Para ahli mendefinisikan pemeliharaan korektif sebagai tindakan pemulihan yang dilaksanakan pasca-kegagalan, mencakup analisis kegagalan fungsi, penyesuaian parameter teknis, penggantian komponen yang terdegradasi, hingga rehabilitasi kendaraan ke kondisi semula. (Setiawan & Putrie, 2023), menegaskan bahwa sistem perawatan yang efektif harus mampu: (1) memperpendek waktu henti akibat kegagalan, dan (2) mengantisipasi kerusakan yang tidak terencana — dua pendekatan yang harus berjalan sinergis.

Dampak nyata dari lemahnya pemeliharaan korektif terdokumentasi dalam sejumlah penelitian. (Pangestu et al., 2025), menemukan bahwa kerusakan serius pada sistem udara kendaraan Foam Tender di Bandar Udara Halim Perdanakusuma secara langsung mengakibatkan gagalnya pemenuhan target *response time*. (Amri et al., 2025), mengungkapkan bahwa pada kendaraan FT-11 Soekarno-Hatta, penurunan signifikan pada *discharge rate* dan *discharge range* merupakan dampak nyata dari ketidakefektifan pemeliharaan korektif pada sistem pompa. (Supri et al., 2024). mempertegas bahwa semakin cepat dan tepat penanganan korektif, semakin pendek *downtime* kendaraan dan semakin tinggi tingkat ketersediaan armada ARFF.

Penulis berpendapat bahwa efektivitas pemeliharaan korektif tidak semata-mata bergantung pada kecepatan perbaikan, melainkan pada ketepatan diagnosis awal yang ditopang oleh teknisi kompeten, peralatan diagnostik memadai, dan ketersediaan suku cadang. Pemeliharaan korektif idealnya tidak berdiri sendiri, melainkan terintegrasi dalam ekosistem pemeliharaan yang didominasi pendekatan preventif. Prosedur darurat yang terstandar dan sistem perbaikan cepat yang responsif mutlak diperlukan sebagai *safety net* untuk meminimalkan dampak kegagalan mendadak terhadap kontinuitas kesiapsiagaan operasional ARFF.

3. Peranan Ketersediaan Suku Cadang Dalam Mendukung Kesiapsiagaan Operasional ARFF

Ketersediaan suku cadang merupakan rantai kritis yang sering kali menjadi titik lemah dalam sistem manajemen pemeliharaan kendaraan ARFF di Indonesia. Para ahli manajemen logistik dan pemeliharaan industri menegaskan bahwa tidak ada program pemeliharaan yang dapat berjalan efektif tanpa dukungan suku cadang yang memadai. Dimensi yang paling berpengaruh meliputi tingkat stok minimum (*minimum stock level*), *lead time* pengadaan, dan akurasi inventori. Tantangan utama di Indonesia bersumber dari sebagian besar kendaraan Foam Tender yang merupakan produk impor dengan komponen yang tidak tersedia di pasar domestik, sehingga proses pengadaannya melibatkan prosedur birokrasi yang panjang dan durasi tunggu yang tidak pasti.

Berbagai penelitian mengonfirmasi pengaruh signifikan faktor ini. (Ardiansyah & Albanna, 2022) mengidentifikasi bahwa hambatan utama pemeliharaan ARFF di Bandar Udara Adi Soemarmo Solo adalah lamanya durasi pergantian suku cadang impor, bahkan ditemukan kasus komponen yang telah *discontinued* pada Foam Tender F2 sehingga kendaraan tidak dapat dipulihkan secara optimal. (Abdullah et al., 2021) membuktikan bahwa kendaraan yang didukung ketersediaan suku cadang memadai berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional dan optimalisasi kapasitas tanggap darurat. (Amri et al., 2025), menegaskan bahwa ketidaktersediaan suku cadang kritis secara langsung memperpanjang *downtime* dan menurunkan *availability* armada ARFF secara keseluruhan.

Penulis berpendapat bahwa solusi paling efektif adalah membangun sistem manajemen inventori suku cadang berbasis data yang mampu menetapkan *minimum stock level* berdasarkan nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) setiap komponen kritis, sekaligus memiliki jalur pengadaan alternatif untuk mengantisipasi risiko *discontinued parts*. Selain itu, sinergi yang lebih erat antara otoritas bandar udara, operator, dan pemasok suku cadang perlu dibangun untuk menciptakan ekosistem pengadaan yang lebih responsif. Dengan sistem manajemen suku cadang yang komprehensif, proses pemeliharaan kendaraan Foam Tender dapat berjalan tanpa penundaan berarti, sehingga kesiapsiagaan operasional ARFF dapat dipertahankan secara konsisten sesuai standar yang dipersyaratkan.

4. Keterkaitan Pemeliharaan Preventif, Pemeliharaan Korektif, dan Ketersediaan Suku Cadang secara Simultan terhadap Kesiapsiagaan Operasional ARFF

Studi-studi terdahulu secara konsisten menunjukkan bahwa pemeliharaan preventif, pemeliharaan korektif, dan ketersediaan suku cadang bukanlah variabel yang bekerja secara terpisah, melainkan membentuk sistem yang saling bergantung dan saling menguatkan dalam mendukung kesiapsiagaan operasional ARFF. . (Ardiansyah & Albanna, 2022) secara eksplisit mengungkapkan bahwa kelemahan pada satu dimensi pemeliharaan akan melemahkan dimensi lainnya: jadwal pemeliharaan preventif yang telah tersusun rapi menjadi tidak dapat dilaksanakan tepat waktu ketika suku cadang yang dibutuhkan tidak tersedia, sementara pemeliharaan korektif yang dituntut cepat justru terhambat oleh ketiadaan komponen pengganti. Kondisi ini menciptakan efek domino yang berujung pada penurunan *availability* kendaraan Foam Tender secara keseluruhan.

(Pangestu et al., 2025) dan . (Amri et al., 2025), memberikan bukti empiris yang paling gamblang mengenai keterkaitan simultan ketiga variabel ini. Pada kasus kendaraan Foam Tender yang berumur lebih dari 35 tahun di Bandar Udara Halim Perdanakusuma, ditemukan bahwa pemeliharaan preventif yang sudah dilaksanakan secara rutin tidak mampu mencegah kegagalan fungsi besar ketika komponen kritis mulai mencapai batas usia teknisnya. Pemeliharaan korektif yang diupayakan pun tidak dapat berjalan optimal karena ketersediaan suku cadang spesifik yang terbatas, sehingga waktu perbaikan menjadi jauh lebih panjang dari yang seharusnya dan target *response time* ARFF gagal terpenuhi. Kasus serupa terdokumentasi oleh . (Amri et al., 2025) pada FT-11 Soekarno-Hatta, di mana degradasi performa sistem pompa yang seharusnya dapat ditangani melalui pemeliharaan korektif tertunda akibat ketidaktersediaan suku cadang pompa, yang pada akhirnya berdampak langsung pada penurunan kapabilitas *discharge* agen pemadam.

Penulis berpendapat bahwa keterkaitan ketiga variabel ini dapat dianalogikan sebagai sebuah rantai keselamatan (*safety chain*), di mana kesiapsiagaan operasional ARFF hanya dapat dicapai secara optimal apabila seluruh mata rantai — preventif, korektif, dan suku cadang — bekerja secara sinergis dan proporsional. Pemeliharaan preventif berfungsi sebagai lini pertahanan pertama yang meminimalkan frekuensi kegagalan; pemeliharaan korektif menjadi mekanisme pemulihan cepat ketika kegagalan tetap terjadi; sementara ketersediaan suku cadang adalah enabler yang menentukan

seberapa efektif kedua jenis pemeliharaan tersebut dapat dilaksanakan. Oleh karena itu, manajemen bandar udara perlu mengadopsi pendekatan manajemen pemeliharaan terpadu (*integrated maintenance management*) yang memandang ketiga variabel sebagai satu kesatuan sistem, dengan alokasi sumber daya yang berimbang dan mekanisme pemantauan kinerja yang terintegrasi, guna menjamin kesiapsiagaan operasional ARFF secara konsisten sesuai standar keselamatan penerbangan yang berlaku.

Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dalam artikel ini disusun dengan mengintegrasikan empat unsur pokok, yaitu identifikasi permasalahan, penelusuran literatur teoretis, peninjauan temuan riset sebelumnya yang memiliki keterkaitan, serta eksplorasi hubungan kausalitas di antara variabel-variabel yang diamati. Berdasarkan keseluruhan unsur tersebut, terbentuklah alur pemikiran berikut.:



Gambar 1. Kerangka Konseptual

Merujuk pada sajian kerangka konseptual di atas, terdapat tiga faktor yang diduga memberikan peran dalam meningkatkan kesiapan operasional ARFF, yakni tindakan perawatan yang bersifat preventif, tindakan perbaikan yang bersifat korektif, serta ketersediaan komponen pengganti. Meskipun ketiga variabel eksogen tersebut menjadi fokus utama dalam kajian ini, masih terdapat sejumlah faktor lain di luar ketiganya yang turut memengaruhi kesiapsiagaan operasional, antara lain: Kompetensi personel

pemeliharaan:(Abdullah et al., 2021), (Amri et al., 2025),dan (Ardiansyah & Albanna, 2022).

- Usia kendaraan: (Pangestu et al., 2025),(Amri et al., 2025),dan (Ardiansyah & Albanna, 2022).
- Sistem digitalisasi pengecekan: (Setiadhi et al., 2025),(Ardiansyah & Albanna, 2022),dan (Supri et al., 2024).
- Anggaran pemeliharaan: (Ardiansyah & Albanna, 2022),(Supri et al., 2024),dan (Pangestu et al., 2025).
- Standar regulasi dan SOP: (Pangestu et al., 2025),(Amri et al., 2025),dan (Ardiansyah & Albanna, 2022).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Bertolak dari telahah teoretis, penelusuran terhadap publikasi-publikasi ilmiah yang memiliki keterkaitan, serta hasil penguraian yang telah dipaparkan, maka dapat diajukan sejumlah pernyataan hipotetis untuk keperluan penelitian lanjutan, sebagai berikut:

- Pemeliharaan preventif berperan dalam mendukung kesiapsiagaan operasional ARFF. Program pemeliharaan preventif yang terstruktur dan konsisten pada kendaraan Foam Tender akan meningkatkan keandalan dan ketersediaan kendaraan sehingga kesiapsiagaan operasional ARFF dapat terjaga sesuai standar regulasi yang berlaku.
- Pemeliharaan korektif berperan dalam mendukung kesiapsiagaan operasional ARFF. Penanganan kerusakan yang cepat dan tepat melalui pemeliharaan korektif yang efektif akan meminimalkan downtime kendaraan Foam Tender sehingga tingkat kesiapsiagaan operasional ARFF dapat dipertahankan.
- Ketersediaan suku cadang berperan dalam mendukung kesiapsiagaan operasional ARFF. Manajemen inventori suku cadang yang baik akan memastikan kebutuhan komponen pengganti selalu terpenuhi tepat waktu sehingga mendukung

kelancaran pemeliharaan kendaraan Foam Tender dan kesiapsiagaan operasional ARFF.

Saran

Mengacu pada simpulan yang telah dipaparkan, rekomendasi yang dapat diajukan adalah bahwa kesiapan operasional ARFF tidak semata-mata ditentukan oleh tiga variabel yang telah dikaji, yakni perawatan terencana, perbaikan pasca-kerusakan, dan kecukupan inventori komponen pengganti. Terdapat kemungkinan luasnya variabel-variabel lain yang turut berkontribusi, seperti tingkat kompetensi teknisi, usia pakai unit kendaraan, pemanfaatan platform digital untuk inspeksi, alokasi anggaran pemeliharaan, serta kepatuhan terhadap kerangka regulasi yang berlaku. Untuk itu, studi lanjutan sangat dianjurkan dengan mengadopsi pendekatan kuantitatif serta uji empiris terhadap hipotesis di berbagai gerbang udara di wilayah Indonesia, guna memperoleh validitas temuan yang lebih komprehensif mengenai determinan-determinan kesiagaan operasional ARFF.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, A., Nugraha, W., Sutiyo, Setiawan, R. F., Saputra, M. I. D., & Putra, R. P. (2021). Initial Training: Teknik Pemeliharaan Kendaraan sebagai Sarana Pemenuhan Kompetensi Personel ARFF dalam Kesiapsiagaan Kendaraan Operasional. *Jurnal Inovasi Pengabdian Dalam Penerbangan*, 2(1), 1–9. <https://e-journal.poltekbangplg.ac.id/index.php/darmabakti>
- Al Fatah, D., Purnama, Y., Teknologi, S. T., & Yogyakarta, K. (2024). *Analisis Perawatan Fasilitas Kendaraan di Unit Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (ARFF) Bandar Udara Internasional Juwata Tarakan*. 5(3).
- Amri, R. . N., Sonhaji, I., & Sukra, R. (2025). Analisis Performa Kendaraan Utama ARFF FT 11 Dalam Menunjang Keselamatan Penerbangan di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Kewirausahaan*, 5(2), 1–10. <https://doi.org/10.51903/manajemen.v5i2.1331>
- Ardiansyah, A., & Albanna, F. (2022). Analisis Pemeliharaan pada Kendaraan Operasional ARFF di Bandar Udara Adi Soemarmo Solo. : : *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 1(1), 1–10.
- Chaerunnisa, K., Saleh, L. M., & Awaluddin, A. (2022). Identifikasi Hazard dan Risk K3 Unit Arff Bandara Sultan Hasanuddin Makassar. *Hasanuddin Journal of Public Health*, 3(1), 32–46. <https://doi.org/10.30597/hjph.v3i1.20217>
- Firdaus, M., Tamtama, M. A., & Saputra, S. (2024). Pengaruh Perawatan Kendaraan Utama dan Kesiapan Personil ARFF Terhadap Respon Time. *JIMU: Jurnal Ilmiah Multi Disiplin*, 2(4), 1–11.

- Kurniawati, Z., Ismail, K., Arnas, Y., & Hilmanto, M. (2024). Analisis Chassis Kendaraan Airport Rescue Fire And Fighting Crash Car Type 1. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 13(1). <https://doi.org/10.24127/trb.v13i1.2618>
- Mardhatilla Abinza, A., & Dewantari, A. (2023). Analysis of the Implementation of Airport Rescue and Fire Fighting Unit Operations in Efforts to Improve Aviation Security and Safety at Adi Soemarmo Boyolali International Airport. *JETISH: Journal of Education Technology Information Social Sciences and Health E-ISSN*, 2(2).
- Pangestu, A., Sundoro, & Yusmana, W. (2025). Analisis Performa Kendaraan Utama FT 02 Morita MJ 10 ARFF Dalam Menunjang Keselamatan Penerbangan di Bandar Udara Halim Perdana Kusuma. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Kewirausahaan*, 5(2), 1–9.
- Setiadhi, R., Saputra, S., & Sonhaji, I. (2025). Analisis Digitalisasi Pengecekan Peralatan Pendukung (Station Routine) Pada Kendaraan Foam Tender Berbasis Website di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3), 1–8. <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.7741>
- Setiawan, F., & Putrie, A. R. (2023). Implementasi Pemeliharaan Kendaraan Utama ARFF Dengan Tinjauan KP 14 Tahun 2015 di Bandar Udara Tunggal Wulung Cilacap. *Jurnal Mahasiswa*, 5(3), 1–10. <https://doi.org/10.51903/jurnalmahasiswa.v5i3>
- Supri, Dirgantara, M., & Oktorison, C. (2024). Analisis Perawatan dan Pemeliharaan Kendaraan ARFF Terhadap Operasi Pemadaman. *Jurnal Riset Ilmu Kesehatan Umum dan Farmasi (JRIKUF)*, 2(3), 1–11. <https://doi.org/10.57213/jrikuf.v2i3.273>
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2022). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 30 Tahun 2022 tentang Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standard CASR Part 139) Volume IV Pelayanan Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK). Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Dwipa, I. G. N. B. A., Abdullah, A., Martadinata, M. I., Komalasari, Y., & Amalia, D. (2024). Design of website-based Preventive Maintenance Checklist Smart System (PMCSS) to support the operation of ARFF vehicles at I Gusti Ngurah Rai Airport. *Journal of Engineering and Applied Technology*, 5(1), 11–23.
- Kim, S., Cohen, M. A., & Netessine, S. (2021). Spare parts inventory management: A literature review. *Sustainability*, 13(5), 2460.
- Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.