

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Penunjang

1. Unit PKP-PK

Unit Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK) merupakan layanan yang wajib disediakan oleh setiap penyelenggara bandar udara sebagai bagian dari pemenuhan standar keselamatan penerbangan. Ketentuan ini tidak hanya diatur dalam regulasi nasional oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, tetapi juga mengacu pada standar internasional yang ditetapkan oleh *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, khususnya dalam *Annex 14: Aerodromes* dan *Doc 9137 Airport Services Manual Part 1: Rescue and Fire Fighting*.

Berdasarkan ketentuan tersebut, layanan PKP-PK berfungsi untuk memberikan pertolongan pada kondisi darurat, khususnya kecelakaan pesawat udara dan kejadian kebakaran di area bandar udara. Unit PKP-PK harus mampu menangani berbagai tingkat keadaan darurat seperti *aircraft accident*, *full emergency*, dan *local standby*, yang menuntut kesiapsiagaan personel, peralatan, serta sistem operasional yang terintegrasi.

Standar internasional *ICAO* menekankan bahwa unit PKP-PK harus memenuhi *response time* tertentu, yaitu kemampuan mencapai lokasi kejadian dalam waktu yang telah ditentukan untuk meminimalkan korban jiwa dan kerusakan (*ICAO*, 2014). Hal ini sejalan dengan ketentuan nasional yang menegaskan pentingnya kecepatan dan ketepatan dalam penanganan keadaan darurat (Direktur Jenderal Perhubungan Udara, 2022).

Sebagai bagian dari sistem operasional, bandar udara wajib dilengkapi dengan *fire station* yang berfungsi sebagai pusat pengendalian kegiatan PKP-PK. Fire station harus ditempatkan pada lokasi strategis dengan akses

langsung ke area pergerakan pesawat udara, serta dilengkapi dengan fasilitas seperti *watch room*, sistem komunikasi, dan garasi kendaraan operasional.

Selain itu, *fire station* juga dilengkapi dengan sarana dan prasarana pendukung, termasuk bahan pemadam kebakaran seperti *foam concentrate*. Ketersediaan dan kualitas *foam concentrate* menjadi faktor krusial dalam mendukung efektivitas pemadaman kebakaran, sehingga pengelolaannya harus dilakukan sesuai standar yang berlaku, termasuk dalam aspek penyimpanan di *storage room*. Sebagai bagian dari fasilitas *fire station*, *storage room* berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan pemadam cadangan yang harus dikelola sesuai ketentuan agar kualitas *foam concentrate* tetap terjaga dan selalu siap digunakan dalam mendukung kesiapan operasional PKP-PK.

Penyimpanan *foam concentrate* harus memenuhi persyaratan teknis, seperti terlindung dari paparan sinar matahari, memiliki ventilasi yang baik, serta tidak terkontaminasi bahan lain. Ketidaksesuaian dalam penyimpanan dapat menurunkan kualitas *foam* dan berdampak pada efektivitas pemadaman, sehingga aspek ini menjadi bagian penting dalam kesiapan operasional unit PKP-PK.

2. *Foam concentrate*

Foam concentrate merupakan bahan pemadam kebakaran yang digunakan untuk menghasilkan busa melalui proses pencampuran dengan air dan udara. Dalam konteks bandar udara, *foam* digunakan untuk menangani kebakaran kelas B yang melibatkan bahan bakar cair, seperti avtur (SNI, 2005).

Salah satu jenis *foam* yang umum digunakan adalah *Aqueous Film Forming Foam (AFFF)*, yang memiliki kemampuan membentuk lapisan film di atas permukaan bahan bakar untuk mencegah kontak dengan oksigen serta menghambat penguapan. Hal ini membuat AFFF sangat efektif dalam mempercepat pemadaman dan mencegah *re-ignition*.

secara kimiawi, *foam concentrate* terdiri dari surfaktan, pelarut, dan aditif yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air. Namun, komposisi ini memiliki keterbatasan dalam hal masa simpan (*shelf life*), yang umumnya berkisar antara 10–20 tahun tergantung jenis dan kondisi penyimpanan. Seiring waktu, *foam concentrate* dapat mengalami degradasi yang mempengaruhi kualitasnya (Meyer *et al.*, 2024).

Beberapa faktor teknis yang dapat mempercepat degradasi *foam* antara lain:

- a. Oksidasi, akibat paparan udara dan suhu tinggi
- b. Kontaminasi silang, terutama jika tercampur dengan *foam* dari merk atau jenis berbeda
- c. Paparan sinar ultraviolet, yang merusak struktur kimia
- d. Fluktuasi suhu ekstrem, yang menyebabkan pemisahan komponen (*phase separation*)

Penurunan kualitas *foam concentrate* dapat diidentifikasi melalui parameter uji seperti *expansion ratio*, *drainage time*, dan kemampuan pembentukan film. Standar pengujian ini juga mengacu pada pedoman *International Civil Aviation Organization* dalam Doc 9137.

Oleh karena itu, pengendalian mutu *foam concentrate* menjadi hal yang sangat penting, baik melalui pengujian berkala maupun pengelolaan penyimpanan yang sesuai standar, guna memastikan bahan tetap dalam kondisi layak pakai.

3. Gudang Bahan Pemadam

Storage room atau gudang penyimpanan *foam concentrate* merupakan fasilitas *pendukung* pada Unit PKP-PK yang berfungsi untuk menyimpan cadangan *foam concentrate* sebelum digunakan dalam operasional. Keberadaannya berperan dalam menjaga ketersediaan, kualitas, dan kesiapan bahan pemadam agar dapat digunakan secara optimal saat keadaan darurat (Ryan Khrisna *et al.*, 2025).

Storage room atau gudang penyimpanan *foam concentrate* merupakan fasilitas *pendukung* pada Unit PKP-PK yang berfungsi untuk menyimpan cadangan *foam concentrate* sebelum digunakan dalam operasional. Keberadaannya berperan dalam menjaga ketersediaan, kualitas, dan kesiapan bahan pemadam agar dapat digunakan secara optimal saat keadaan darurat (Soemarmo, 2025). Berdasarkan standar nasional dan internasional, termasuk pedoman *International Civil Aviation Organization doc 9137 part 1*, gudang penyimpanan harus memenuhi persyaratan teknis sebagai berikut:

- a. Terlindung dari paparan sinar matahari langsung.
- b. Memiliki sistem ventilasi yang baik.
- c. Menjaga suhu dalam rentang yang direkomendasikan.
- d. Bebas dari kontaminasi bahan lain.
- e. Memiliki sistem penataan yang terorganisir (*storage management*).

menurut NFPA 11 (2021), *foam concentrate* harus ditempatkan di lokasi yang mudah diakses dan tidak terpapar kondisi yang merusak, sehingga sangat pas untuk mendukung kalimat tentang kecepatan pengambilan saat dibutuhkan .

Salah satu aspek penting adalah segregasi bahan (*material segregation*), yaitu pemisahan bahan berdasarkan jenis dan karakteristiknya untuk mencegah kontaminasi silang serta mempermudah identifikasi dan pengambilan(Ocasio, 2012).

Kondisi lingkungan penyimpanan juga perlu diperhatikan, terutama terkait ventilasi dan suhu. *Storage room* harus memiliki sirkulasi udara yang memadai serta menjaga temperatur sesuai rekomendasi agar kualitas *foam concentrate* tetap terjaga. (Technical & Services, 2023)

Selain itu, kegiatan housekeeping diperlukan untuk menjaga kebersihan, keteraturan, dan keamanan area penyimpanan. Kegiatan ini meliputi pembersihan, penataan barang, serta pemeriksaan kondisi fasilitas secara rutin. (Rumakito, 2025)

Pengelolaan juga didukung oleh sistem inventaris yang mencatat keluar-masuknya *foam concentrate* sehingga stok dan riwayat penggunaan dapat terpantau dengan baik. Dalam praktiknya, digunakan prinsip *First In First Out (FIFO)* untuk memastikan bahan yang lebih lama disimpan digunakan terlebih dahulu. (Khoirunnisa *et al.*, 2026)

Setiap wadah *foam concentrate* perlu dilengkapi dengan pelabelan yang jelas, seperti identitas produk, nomor batch, dan tanggal kedaluwarsa, guna mempermudah pengawasan dan penerapan *FIFO*. Selain itu, ketersediaan *Material Safety Data Sheet (MSDS)* penting sebagai pedoman dalam penanganan bahan dan keselamatan kerja.

Dengan demikian, pengelolaan *storage room* mencakup aspek lingkungan, segregasi, inventaris, *FIFO*, pelabelan, *MSDS*, dan *housekeeping* yang saling mendukung dalam menjaga kualitas *foam concentrate* serta kesiapan operasional Unit PKP-PK.

B. Penelitian Terdahulu Yang Relevan

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu

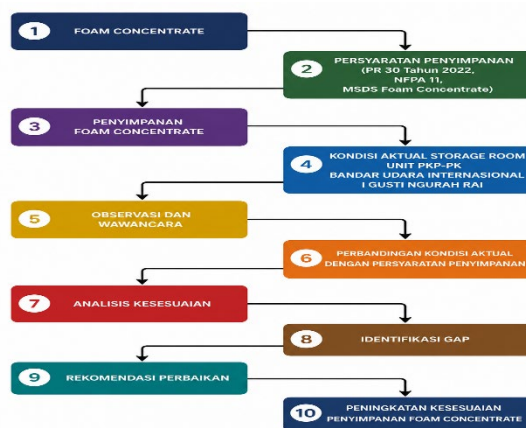
No.	Penelitian dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Novelty
1.	Ryan Khrisna <i>et al.</i> , 2025	Analisis Performa <i>Foam</i> Pada Gudang PKP-PK Di Bandar Udara Internasional Kualanamu	Performa <i>foam</i> di gudang PKP-PK Bandara Kualanamu mengalami penurunan akibat penyimpanan yang tidak sesuai standar, kondisi lingkungan yang buruk, dan keterbatasan fasilitas.	Penelitian tersebut menitikberatkan pada identifikasi dampak penyimpanan terhadap performa <i>foam</i> secara umum, sedangkan penelitian ini berfokus pada analisis kesesuaian sistem

				penyimpanan berdasarkan regulasi serta evaluasi gap antara standar dan kondisi aktual
2.	Khanyi, 2024	<i>The Impact of Mild Steel, Stainless Steel, and HDPE on the Foam ing Ability and Foam Stability of AFFF in Aviation</i>	Material tangki mempengaruhi performa AFFF; <i>mild steel</i> menurunkan kualitas secara signifikan, sedangkan HDPE paling kompatibel.	Berfokus pada uji material secara laboratorium, sedangkan penelitian ini mengkaji sistem penyimpanan secara operasional dan regulatif
3.	Trazzi, 2023	<i>Evaluation of Effects from Mixing Fluorine-Free Foam concentrates</i>	Pencampuran <i>foam</i> menghasilkan performa pemadaman yang tidak konsisten dan berpotensi menurunkan efektivitas.	Menekankan aspek eksperimen pencampuran, sedangkan penelitian ini mengkaji penyebabnya dari sisi manajemen penyimpanan

C. Kerangka Berpikir

Berdasarkan hasil observasi awal pada *storage room* Unit PKP-PK Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai, ditemukan beberapa kondisi penyimpanan *foam concentrate* yang belum sepenuhnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku, seperti penyimpanan yang masih bercampur dengan bahan atau peralatan lain, adanya *foam concentrate* yang telah melewati masa kedaluwarsa, serta penandaan yang belum dilakukan secara

optimal. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara kondisi aktual penyimpanan dengan persyaratan penyimpanan *foam concentrate* yang ditetapkan dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 30 Tahun 2022, NFPA 11, dan *Material Safety Data Sheet (MSDS) foam concentrate*. Ketidaksesuaian penyimpanan *foam concentrate* berpotensi memengaruhi kualitas dan kesiapan bahan pemadam yang digunakan dalam penanggulangan keadaan darurat di bandar udara. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap kondisi penyimpanan *foam concentrate* untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya terhadap persyaratan yang berlaku. Penelitian dilakukan melalui observasi dan wawancara untuk memperoleh data mengenai kondisi aktual penyimpanan *foam concentrate*. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan ketentuan penyimpanan yang berlaku untuk menganalisis tingkat kesesuaian, mengidentifikasi kesenjangan yang masih ditemukan, serta merumuskan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan kesesuaian penyimpanan *foam concentrate* pada *storage room* Unit PKP-PK Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai.



Gambar II. 1 Desain Kerangka Berpikir