

**KAJIAN UJI MUTU FOAM SEBAGAI KESIAPAN  
OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA  
INTERNASIONAL KUALANAMU**

**TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan  
Program Studi Penyelamatan Dan Pemadam Kebakaran Penerbangan  
Program Diploma Tiga

Oleh :  
**MUHAMMAD FARHAN ALFAJRI**  
**NIT. 55232210039**



**PROGRAM STUDI PENYELAMATAN DAN PEMADAM  
KEBAKARAN PENERBANGAN PROGRAM DIPLOMA TIGA  
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG  
JULI 2025**

**KAJIAN UJI MUTU FOAM SEBAGAI KESIAPAN  
OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA  
INTERNASIONAL KUALANAMU**

**TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan  
Program Studi Penyelamatan Dan Pemadam Kebakaran Penerbangan  
Program Diploma Tiga

Oleh :  
**MUHAMMAD FARHAN ALFARI**  
NIT. 55232210039



**PROGRAM STUDI PENYELAMATAN DAN PEMADAM  
KEBAKARAN PENERBANGAN PROGRAM DIPLOMA TIGA  
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG  
JULI 2025**

## **ABSTRAK**

### **KAJIAN UJI MUTU *FOAM* SEBAGAI KESIAPAN OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**

Oleh:

**MUHAMMAD FARHAN ALFAJRI**  
**NIT: 55232210039**

### **PROGRAM STUDI PENYELAMATAN DAN PEMADAM KEBAKARAN PENERBANGAN PROGRAM DIPLOMA TIGA**

Penelitian bertujuan menganalisis pengujian uji mutu *foam* pada unit PKP-PK agar memiliki kemampuan *foam* sesuai yang dipersyaratkan PR 30 Tahun 2022 dan sebagai langkah kesiapan operasional PKP-PK dalam menghadapi insiden atau kecelakaan yang melibatkan api. Metode penelitian kualitatif deskriptif, dengan teknik pengumpulan data observasi, wawancara yang dilakukan lima orang informan, dokumentasi dan studi kepustakaan. Hasil penelitian berupa rekomendasi pengusulan pengujian *fire test* berdasarkan ICAO Doc 9137 dalam pengujian uji mutu *foam* eksisting. Dukungan pengujian *fire test* berupa ketersediaan peralatan dan sumber daya manusia dari dua unit penanggungjawab berupa sosialisasi dan praktek dari unit ARFF dan unit *Safety & risk*. Implikasi Keberhasilan melalui uji mutu *foam fire test* mendukung kesiapan operasional PKP-PK dalam memadamkan api hasil dari insiden atau kecelakaan melalui tercapainya kemampuan *foam* yang dipersyaratkan PR 30 Tahun 2022.

Kata Kunci : *Fire test*, Uji Mutu *Foam*, ICAO, ICAO Doc 9137.

## ***ABSTRACT***

### ***FOAM QUALITY TEST STUDY AS OPERATIONAL READINESS OF PKP-PK AT KUALANAMU INTERNATIONAL AIRPORT***

*By*

**MUHAMMAD FARHAN ALFAJRI**  
**NIT: 55232210039**

### ***AVIATION RESCUE AND FIREFIGHTING STUDY PROGRAM DIPLOMA THREE PROGRAM***

*The study aims to analyze the quality testing of foam at the PKP-PK unit to ensure that it meets the foam requirements specified in PR 30 of 2022 and as a measure of operational readiness for PKP-PK in dealing with incidents or accidents involving fire. The research method used is descriptive qualitative, employing data collection techniques such as observation, interviews with five informants, documentation, and literature review. The research results include recommendations for proposing fire tests based on ICAO Doc 9137 for existing foam quality testing. Support for fire testing includes the availability of equipment and human resources from two responsible units, namely ARFF and Safety & Risk, through socialization and practical training. The implications of success through foam fire test quality testing support the operational readiness of PKP-PK in extinguishing fires resulting from incidents or accidents by achieving the foam capabilities required by PR 30 of 2022.*

***Keywords:*** *Fire test, Foam Quality Test, ICAO, ICAO Doc 9137.*

## PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : " KAJIAN UJI MUTU FOAM SEBAGAI KESIAPAN OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU" telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program studi Diploma Tiga Penyelamatan Dan Pemadam Kebakaran Penerbangan Angkatan Ke-3 Politeknik Penerbangan Palembang.



NAMA : MUHAMMAD FARHAN ALFAJRI  
NIT : 55232210039

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Yati".

Dr. YETI KOMALASARI, S.Si.T., M.Adm.SDA  
Penata Tingkat I (III/d)  
NIP. 19870525 2009 1 22005

WAHYUDI SAPUTRA, S.Si.T., M.T  
Pembina (IV/a)  
NIP. 19821107 200502 1 001

KETUA PROGRAM STUDI

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sutyo".

SUTIYO, S.Sos., M.Si.  
Pembina Tingkat I (IV/c)  
NIP. 19681011 199112 1 001

## PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : "KAJIAN UJI MUTU FOAM SEBAGAI KESIAPAN OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Diploma Tiga Penyelamatan dan Pemadamkan Kebakaran Angkatan ke-3, Politknik Penerbangan Palembang. Tugas Akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Diploma Tiga pada tanggal 16 Juli 2025

KETUA

SEKRETARIS

ASEP MUHAMAD SOLEH, S.Si.T., S.T., M.Pd.

Pembina (IV/a)

NIP. 19750621 199803 1 002

Dr. FITRI MASITO, S.Pd., MS.ASM.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19830719 200912 2 001

ANGGOTA

WAHYUDI SAPUTRA, S.Si.T., M.T.

Pembina (IV/a)

NIP. 19821107 200502 1 001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Farhan Alfajri  
NIT : 55232210039  
Program Studi : D-III Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran  
Penerbangan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul "KAJIAN UJI MUTU FOAM SEBAGAI KESIAPAN OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU" merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 16 Juli 2025  
Yang Membuat Pernyataan



MUHAMMAD FARHAN ALFAJRI  
NIT. 55232210039

## **PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir Diploma Tiga yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Situs hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut :

Alfajri, M.F. (2025). *KAJIAN UJI MUTU FOAM SEBAGAI KESIAPAN OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU*, Tugas Akhir Program Diploma III, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan, Politeknik Penerbangan Palembang

*Dipersembahkan dengan rasa bangga Kepada :*

*Mama yang senantiasa merawat kami Ririn Fransiska dan  
Papa yang terus mencukupi kami Muhammad Nasrullah*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya penjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan rahmat dan hidayahNya, Tugas Akhir yang berjudul “KAJIAN UJI MUTU *FOAM* SEBAGAI KESIAPAN OPERASIONAL PKP-PK DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan Program Diploma Tiga. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada segenap pihak yang telah membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, terutama kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta’ala, Allah Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat, Karunia dan Nikmat-Nya.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan Ridha, Do’a, dan dukungan yang membuat penulisan menjadi lebih mudah.
3. Diri Saya Sendiri.
4. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si., selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang.
5. Bapak Sutiyo, S.Sos., M.Si. selaku Ketua Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan dan Dosen Pembimbing.
6. Ibu Dr. Yeti Komalasari, S.Si.T., M.Adm.Sda dan Bapak Wahyudi Saputra, S.Si.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing.
7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Program Studi D-III PPKP.
8. Bapak Rico Maulana, selaku *Supervisor Instructor ARFF* Kualanamu;
9. Seluruh Tim OJT *Instructor* dan *Senior ARFF* Bandar Udara Internasional Kualanamu;
10. Rekan-rekan Program Studi Diploma Tiga Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan angkatan 3 Politeknik Penerbangan Palembang.
11. Seluruh Rekan-rekan *On the Job Training* di Bandar Udara Internasional Kualanamu atas kebersamaan, semangat serta kerjasamanya. Dalam hal ini rekan – rekan OJT Poltekbang Palembang dan OJT PPI Curug.

12. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis cantumkan satu-persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dari pembaca.

Palembang, 16 Juli 2025



**MUHAMMAD FARHAN ALFAJRI**

NIT. 55232210039

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PENGUJI.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian .....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI .....	8
A.Teorи Penunjang .....	8
B.Penelitian Terdahulu .....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Desain Penelitian.....	22
B.Subjek Penelitian.....	23
C.Objek Penelitian .....	23
D.Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data.....	23
E.Teknik Analisis Data.....	26
F.Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
A.Hasil Penelitian.....	29
B.Pembahasan .....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67

A.Kesimpulan.....	67
B.Saran .....	68
DAFTAR PUSTAKA .....	69
LAMPIRAN .....	71

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar II.1 Penerapan Rumus <i>Expansion ratio</i> .....	12
Gambar II.2 Rumus <i>Drainage time</i> .....	13
Gambar III.1 Desain Penelitian.....	22
Gambar IV.1 Pengujian Uji Mutu Foam Eksisting di ARFF Kualanamu .....	30
Gambar IV.2 Penerapan Rumus <i>Expansion ratio</i> .....	34
Gambar IV.3 Rumus <i>Drainage time</i> .....	34
Gambar IV. 4 Hasil Pengujian Parameter Wajib Kendaraan <i>Foam tender I</i> .....	35
Gambar IV.5 Hasil Pengujian Parameter Wajib Kendaraan <i>Foam tender II</i> .....	35
Gambar IV.6 Hasil Pengujian Parameter Wajib Kendaraan <i>Foam tender IV</i> .....	36
Gambar IV.7 Hasil Pengujian Parameter Wajib Kendaraan <i>Foam tender V</i> .....	36
Gambar IV.8 Hasil Pengujian Parameter Wajib Kendaraan DFT .....	36
Gambar IV.9 Hasil Pengujian Parameter Wajib stok/cadangan di Gudang tahun 2012 ...	36
Gambar IV.10 Hasil Pengujian Parameter Wajib stok/cadangan di Gudang tahun 2014 .	36
Gambar IV.11 Uji Mutu <i>Foam</i> Pada ICAO Doc 9137 .....	43

## **DAFTAR TABEL**

Tabel II. 1 Tabel Peralatan Pengujian <i>Expansion ratio</i> dan <i>Drainage time</i> .....	10
Tabel II.2 Peralatan <i>Fire test</i> .....	15
Tabel II.3 Tabel Standar Minimum <i>Fire test</i> .....	17
Tabel III.1 Tabel Peralatan Pengujian <i>Expansion ratio</i> dan <i>Drainage time</i> .....	10
Tabel III.2 Peralatan <i>Fire test</i> .....	15
Tabel III.3 Tabel Standar Minimum <i>Fire test</i> .....	17
Tabel III.4 Penelitian Terdahulu Yang Relevan .....	20
Tabel III.5 Tabel Informan Penelitian.....	23
Tabel III.6 Instrumen Wawancara Unit ARFF .....	25
Tabel III.7 Instrumen Wawancara Unit <i>Safety &amp; risk</i> .....	25
Tabel III.8 Waktu Penelitian.....	28
Tabel IV.1 Tabel Peralatan Parameter Wajib di ARFF Kualanamu.....	31
Tabel IV.2 Tabel Peralatan Pengujian Uji pH di ARFF Kualanamu.....	38
Tabel IV.3 Tabel Peralatan Pengujian Refractive index .....	40
Tabel IV.4 Tabel Penilaian Uji pH Foam Concentrate 2025 .....	42
Gambar IV.5 Penilaian Uji Refractive index Foam Concentrate 2025 .....	42
Tabel IV.6 Tes Refractive index Foam Concentrate ARFF KNO 2025 .....	43
Tabel IV.7 Peralatan <i>Fire test</i> .....	46
Tabel IV. 8 Tabel Standar Minimum Fire test .....	48
Tabel IV. 9 Tabel Ketersediaan Peralatan Fire test Di Unit ARFF Kualanamu.	51
Tabel IV.10 Lead Wawancara Informan ARFF.....	55
Tabel IV.11 <i>Lead</i> Wawancara Informan <i>Safety &amp; risk</i> .....	56
Tabel IV.12 Tabel Reduksi Data.....	58
Tabel IV.13 Tabel Penyajian Data.....	58
Tabel IV.14 Tabel Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi .....	59
Tabel IV.15 Tabel Pengujian Kondisi Eksisting Berdasarkan Pedoman Perusahaan.....	60
Tabel IV. 16 Tabel Perbedaan Pengujian Uji Mutu Foam ICAO Doc 9137 dan SOP perusahaan.....	62

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A Transkrip wawancara Informan I.....	71
Lampiran B Transkrip Wawancara Informan II.....	73
Lampiran C Transkrip Wawancara Informan III .....	75
Lampiran D Transkrip Wawancara Informan IV .....	77
Lampiran E Transkrip Wawancara Informan V.....	78
Lampiran F Pengujian Uji Mutu <i>Foam</i> Semester I Tahun 2025.....	80
Lampiran G <i>Fire test</i> di Bandar Udara Internasional Cengkareng .....	80
Lampiran H <i>Fire test</i> di Bandar Udara Raden Inten II Lampung .....	81
Lampiran I SOP Pelaksanaan Uji Mutu <i>Foam</i> Perusahaan .....	81
Lampiran J Berita Acara Uji Mutu <i>Foam</i> Semester I Tahun 2025 .....	82
Lampiran K Lembar Bimbingan .....	83
Lampiran L Plagiarisme.....	85

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Bandara adalah komponen penting dari layanan transportasi udara. Meningkatnya jumlah penumpang, kargo, dan pergerakan pesawat di bandara memerlukan perhatian lebih lanjut untuk dikaji (Komalasari et al., 2024).

Bandar Udara Internasional Kualanamu adalah bandar udara dengan predikat internasional yang memiliki fasilitas dan pelayanan yang memadai salah satunya aspek penting terkait keselamatan penerbangan sesuai kategori dan aturan yang berlaku untuk meningkatkan pelayanan jasa terhadap pesawat yang beroperasi, sehingga untuk standar fasilitas yang didapat harus mengikuti standar nasional dan internasional dengan mengedepankan keamanan dan keselamatan penerbangan, maka kejadian-kejadian penerbangan seperti insiden atau kecelakaan dari satu pesawat pada saat mendarat atau lepas landas, serta kejadian kebakaran di bandar udara tidak mempengaruhi operasional penerbangan lainnya di bandar udara(Lukiana, 2017).Salah satu fasilitas keamanan penerbangan di bandar udara adalah unit Pertolongan Kecelakaan Pesawat Dan Pemadam Kebakaran atau *Airport Rescue And Fire Fighting* yang selanjutnya disebut unit PKP-PK atau ARFF. Tugas dan fungsi unit PKP-PK adalah menyelamatkan nyawa dan harta benda dari peristiwa atau kecelakaan (insiden) yang melibatkan pesawat dan tempat lain. Mereka melindungi orang dan barang yang terancam kebakaran di fasilitas bandara dengan mencegah, mengendalikan, dan memadamkan api (Komalasari et al., 2024) .

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : PR 30 Tahun 2022 waktu bereaksi (*response time*) adalah waktu yang diperlukan unit PKP-PK, dalam menanggulangi kecelakaan pesawat udara di daerah runway dalam waktu 2 menit tidak lebih dari 3 menit, pada kendaraan *foam tender* menempati posisi di lokasi *accident/incident* untuk melaksanakan pemadaman dan siap memancarkan 50% bahan pemadam *foam* sesuai kategori yang dipersyaratkan. Sehingga *foam*, adalah bahan pemadam api yang jika dicampur

air dan bahan *foam concentrate* yang persenyawaannya dapat menghasilkan *foam*. *Foam* adalah bahan pemadam utama PKP-PK yang biasanya disebut *foam*.

*Foam* pemadam api, sebagai bahan utama dan fasilitas unit PKP-PK, harus memenuhi syarat fungsional. Syarat tersebut meliputi kemampuan menyelimuti bahan mudah menguap dan terbakar untuk mencegah kontak dengan oksigen. Selain itu, *foam* harus mampu mengalir bebas di permukaan bahan bakar, tahan terhadap tiupan angin/panas, serta mampu membentuk dan melapisi kembali area yang terbakar (Kharisma Sevi Nur Safitri & Rahimudin, 2022) Kualitas *foam* konsentrat dalam tangki wajib diuji sesuai *DOC. ICAO 9137-AN/988 part 1* atau metode lain yang diakui, dengan pengujian dilakukan oleh Direktur Jenderal Perhubungan Udara sesuai KP 605 tahun 2015.

Pada 24 Mei 1993, sebuah pesawat *Airbus A300* mengalami kecelakaan dan terbakar di Bandara Nagoya, yang dikategorikan sebagai Bandara Kategori 9 menurut ICAO Annex 14. Meskipun bandara ini memenuhi standar jumlah air dan bahan pemadam, termasuk *foam* (*foam*), serta waktu respons, namun tidak memenuhi standar larutan *foam* menurut ICAO 9137. Kronologi kejadian dimulai sekitar pukul 20:16 ketika petugas lalu lintas udara melaporkan kebakaran pesawat dan meminta bantuan pemadam kebakaran. Untuk kendaraan juga lengkap menurut kategori 9. Meskipun telah menyemprotkan *foam* dan air, api sulit dipadamkan terutama di bagian bawah sayap, dengan kobaran api mencapai ketinggian seperti bangunan tiga lantai dan meluas lebih dari 100 meter. Proses pemadaman melibatkan pemotongan bagian pesawat yang membara menggunakan kapak dan alat khusus, serta penyemprotan intensif. Api akhirnya berhasil dipadamkan sekitar pukul 21:48, memakan waktu total 47 menit melebihi waktu standar yang ditetapkan untuk bandara kategori tersebut.

Pengujian uji mutu *foam* merupakan proses penting untuk mengukur pemenuhan standar teknis konsentrat *foam*. Tujuannya adalah untuk memastikan kualitas dan kinerja konsentrat *foam* yang digunakan dalam sistem pemadam kebakaran. Menurut KP 605 Tahun 2015, terdapat dua parameter utama dalam pengujian konsentrat *foam*. Parameter tersebut meliputi parameter wajib, yaitu *Expansion*

*ratio* dan 25% *Drainage time*, serta parameter rekomendasi seperti Derajat Keasaman (pH), *Refractive index* (Indeks Refraktif), *Viscosity* (Kekentalan), *Sedimentation* (Endapan), dan *Surface Tension* (Tegangan Permukaan).

Menurut standar, pengujian dari ICAO *DOC 9137 Airport Services Manual Part 1- Rescue and Firefighting Fourth Edition, 2015 Chapter 5 Factors In The Specification Process For Rescue Aid Firefighting Vehicles*, dijelaskan bahwa uji kinerja bahan pemadam kebakaran ada 2 yaitu ; *expansion ratio* dan 25% *drainage time*, tetapi pada *Chapter 8 Extinguishing Agent Characteristics* ada menjelaskan tentang pengujian kualitas *foam*, yang menjelaskan bahwa *fire test* dibutuhkan untuk menentukan kesesuaian konsentrasi *foam* sesuai dengan *level A,B, atau C.*

Menurut PR 30 Tahun 2022 bahwa *foam* yang dihasilkan oleh Bahan Pemadam Utama harus menyelimuti bahan yang mudah menguap dan mudah terbakar sehingga mencegah kontak dengan oksigen dan dapat mengalir bebas pada permukaan bahan bakar, tahan terhadap tiupan angin dan panas, serta dapat membentuk atau melapisi kembali, jika dilihat dari fungsi *fire test* dalam ICAO *DOC 9137 Airport Services Manual Part 1* dan menurut penelitian yang dilakukan oleh (Hinnant et al., 2017) bahwa *fire test* ini, dapat memastikan bahwa *foam* ini dapat menyelimuti bahan bakar yang terbakar sehingga mencegah kontak dengan oksigen serta tahan terhadap tiupan angin dan panas.

Berdasarkan hasil pengamatan penulis selama melakukan observasi di unit PKP- PK Bandar Udara Internasional Kualanamu Deli Serdang pengujian fasilitas bahan pemadam utama PKP-PK yaitu *Foam Concentrate* telah dilaksanakan sesuai dengan KP 605 tahun 2015 yaitu pengujian *foam* dengan parameter wajib antara lain pengujian *ratio expansion* dan *drainage time*, namun jika mengikuti standar internasional ICAO *DOC 9137 Airport Services Manual Part 1- Rescue and Firefighting Fourth Edition, 2015 Chapter 8*. Karena jika berdasarkan ICAO *DOC 9137*, perlu dilakukan nya *fire test* untuk bertujuan untuk melakukan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan *foam* terhadap nyala api secara langsung. Hal ini sejalan dengan beberapa bandar udara di Indonesia yang sudah melaksanakan *fire test* antara

lain Bandar Udara Raden Inten II Lampung dan Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta mengingat pentingnya *fire test* untuk mencegah resiko *burn-back* (terbakar kembali) pada kecelakaan atau insiden yang mungkin akan terjadi, ketika api sudah dipadamkan. Maka diwajibkan *fire test* untuk menilai kesesuaian *foam* yang disimpan pada unit ARFF dapat bekerja dalam menangani kebakaran. Menurut (Dahlbom et al., 2022; Hinnant et al., 2017; Snow et al., 2019) menegaskan bahwa risiko *burn-back* (kemunculan kembali api setelah pemadaman) merupakan sebuah ancaman jika *foam* tidak mampu menahan paparan panas atau gagal membentuk lapisan stabil di atas bahan bakar, maka pengujian *expansion ratio* dan *drainage time* tidak cukup untuk menilai efektivitas *foam* secara utuh, sehingga uji *fire test* dan *burn-back* menjadi penting dalam menilai efektivitas kinerja *foam*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan judul “Kajian Uji Mutu *Foam* Sebagai Kesiapan Operasional PKP-PK Di Bandar Udara Internasional Kualanamu”. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengujian *foam* yang ada di bandara Kualanamu dan memberikan rekomendasi tahap uji mutu *foam fire test* sesuai ICAO *DOC 9137* di unit PKP-PK Kualanamu agar dapat dijadikan sebagai langkah awal unit PKP-PK dalam melaksanakan *fire test*, nantinya di Bandar Udara Internasional Kualanamu.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengujian dan hasil uji mutu *foam* eksisting di Bandar Udara Internasional Kualanamu ?
2. Bagaimana tahap uji mutu *foam fire test* menurut ICAO *DOC 9137* di Bandar Udara Internasional Kualanamu?

## **C. Pembatasan Masalah**

Untuk memberikan gambaran yang terarah dan pembahasan masalah menjadi jelas sehingga tidak keluar konteks judul, maka penulis membatasi penelitian tugas akhir ini difokuskan pada pengujian uji mutu *foam* eksisting beserta

hasilnya dan memberikan rekomendasi uji mutu *foam fire test* agar lebih efektif dalam melakukan pemadaman, menurut ICAO *DOC 9137* pada Unit ARFF Kualanamu.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Dari rumusan masalah yang diatas, maka penelitian ini bertujuan :

1. Mengetahui pengujian dan hasil uji mutu *foam* eksisting di Bandar Udara Internasional Kualanamu.
2. Memberikan rekomendasi tahap uji mutu *foam fire test* sesuai ICAO *DOC 9137* pada Bandar Udara Internasional Kualanamu.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang dilakukan dan hasil yang didapatkan diharapkan dapat memberi manfaat, bagi :

1. Penulis

Penelitian ini sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Transportasi pada Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan dan Politeknik Penerbangan Palembang. Selain itu penelitian ini juga dapat memberikan pengalaman berharga pada penulis dalam upaya menambah wawasan dan ilmu pengetahuan. Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai Kajian Uji Mutu *Foam* Sebagai Kesiapan Operasional PKP-PK Di Bandar Udara Internasional Kualanamu, selain itu untuk melatih kemampuan penulis untuk merumuskan hasil penelitian ke dalam bentuk tulisan.

2. Bandar Udara Internasional Kualanamu.

Sebagai bahan pertimbangan dan masukkan dalam hasil dari penelitian yang dapat menjadi acuan untuk unit PKP-PK Kualanamu dalam melaksanakan dan mengajukan kegiatan *fire test* di Bandar Udara Internasional Kualanamu.

3. Politeknik Penerbangan Palembang

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi Politeknik Penerbangan Palembang yang merupakan tempat penulis menempuh ilmu pendidikan,

seperti untuk menambah bahan keperluan akreditasi kampus dan juga sebagai bahan referensi yang berguna pada penelitian yang akan dating serta memperluas referensi dalam pengembangan ilmu-ilmu pengetahuan di bidang manajemen transportasi udara.

## **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penelitian yang terdapat pada penelitian ini, sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN:**

- A. Latar Belakang
- B. Rumusan Masalah
- C. Pembatasan Masalah
- D. Tujuan Penelitian
- E. Manfaat Penelitian
- F. Sistematika Penulisan

### **BAB II LANDASAN TEORI:**

- A. Teori Penunjang
  - 1. PKP-PK
  - 2. Uji Mutu *Foam*
  - 3. *Fire test*
  - 4. ICAO DOC 9137

- B. Penelitian Terdahulu

### **3. BAB III METODE PENELITIAN:**

- A. Desain Penelitian
- B. Subjek Penelitian
- C. Objek Penelitian
- D. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data
  - 1. Observasi
  - 2. Wawancara
  - 3. Studi Pustaka
- E. Teknik Analisis Data
- F. Tempat dan Waktu Penelitian
  - 1. Tempat Penelitian

2. Waktu penelitian

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### A. Hasil Penelitian

1. Hasil
2. Wawancara

### B. Pembahasan

1. Kondisi Eksisting
2. Kondisi Ideal Sesuai ICAO Doc 9137

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

1. Kesimpulan
2. Saran

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Teori Penunjang**

##### **1. PKP-PK**

Menurut PR 30 Tahun 2022, Unit Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK) atau disebut *Airport Rescue and Firefighting* (ARFF) memiliki tugas dan fungsi utama dalam mencegah, mengendalikan, dan memadamkan api di bandar udara serta melindungi manusia dan barang yang terancam bahaya kebakaran pada fasilitas bandar udara. Tugas ini sangat penting untuk menyelamatkan jiwa dan harta benda dari insiden atau kecelakaan penerbangan yang terjadi di area bandar udara dan sekitarnya. Pelayanan PKP-PK harus dilaksanakan secara cepat dan tepat, dengan prioritas utama menyelamatkan korban dan memadamkan api agar tidak menyebar dan menimbulkan kerusakan lebih besar.

Waktu bereaksi (*response time*) adalah waktu yang diperlukan unit PKP-PK dalam menanggulangi kecelakaan pesawat udara di daerah runway dalam waktu 2 menit tidak lebih dari 3 menit, pada kendaraan *foam tender* menempati posisi di lokasi *accident/incident* untuk melaksanakan pemadaman dan siap memancarkan 50% bahan pemadam *foam* sesuai kategori yang dipersyaratkan. *Response time* menjadi faktor krusial dalam operasi PKP-PK. Unit ini harus mampu mencapai lokasi kebakaran dalam waktu singkat sesuai standar kategori bandar udara, sehingga api dapat segera dikendalikan dan dipadamkan sebelum meluas. Kendaraan utama PKP-PK, seperti *foam tender*, dilengkapi dengan bahan pemadam berupa air, *foam concentrate*, dan *dry chemical powder*, yang berfungsi efektif dalam pemadaman api terutama kebakaran bahan bakar pesawat. Penggunaan *foam* sangat penting karena *foam* dapat menutup permukaan bahan bakar, mencegah kontak dengan oksigen, dan menghambat penyebaran api, sehingga mempercepat proses pemadaman dan mengurangi risiko *flare-up*.

## **2. Uji Mutu *Foam***

*Foam* adalah bahan pemadam utama pada kendaraan PKP-PK (pertolongan kecelakaan penerbangan dan pemadam kebakaran), *foam* dirancang untuk membuat lapisan kedap udara agar mencegah uap panas timbul kembali (*burn-back*), sifat *foam concentrate* harus mudah bercampur dengan air dan udara agar terciptanya *foam* yang mengalir bebas diatas permukaan bahan bakar, tahan terhadap gangguan angin ketika sudah menyelimuti permukaan bahan bakar (Karmini et al., 2023). Sifat fisik dari *foam* ada 2, yaitu *foam concentrate* adalah wujud dari *foam* yang belum tercampur dengan air dan udara atau oksigen, sedangkan *foam solution* adalah wujud dari *foam* yang telah bercampur dengan air dan udara atau oksigen(Sanjaya, 2024).

Menurut Direktur Jenderal Perhubungan Udara pada tahun 2022, PR 30 Tahun 2022 bahwa konsentrat *foam* sebagaimana dimaksud huruf b angka 2 harus memenuhi ketentuan:

- 1) Dilengkapi dengan data Material Data Safety Sheet (MSDS) atau telah disertifikasi oleh laboratorium/lembaga yang bersertifikat;
- 2) Dapat digunakan dengan bahan pemadam lainnya dan tanpa mengurangi kualitas maupun daya tahan dalam pemadaman api;
- 3) Spesifikasi teknis untuk konsentrat *foam* berbahan synthetic (AFFF) antara lain:
  - a. Derajat keasaman (pH) antara 6 s/d 8,5;
  - b. Kekentalan maksimum 200 mm<sup>2</sup>/detik;
  - c. Endapan maksimum 0,5%;
  - d. perbandingan pengembangan (*expansion ratio*) 6 s/d 10;
  - e. Waktu pencairan (*drainage time*) 25%, > 3 menit;
  - f. Tegangan permukaan (*surface tension*) 5 dyne/cm<sup>2</sup>;
  - g. Tidak merusak lingkungan.

*Foam* yang dihasilkan oleh bahan pemadam utama harus dapat menyelimuti bahan yang mudah menguap dan mudah terbakar sehingga mencegah kontak dengan oksigen dan dapat mengalir bebas pada

permukaan bahan bakar, tahan terhadap tiupan angin dan panas, serta dapat membentuk atau melapisi kembali

Menurut KP 605 Tahun 2015, terdapat dua parameter utama dalam pengujian konsentrat *foam*. Parameter tersebut meliputi parameter wajib, yaitu *Expansion ratio* dan 25% *Drainage time*, berikut adalah penjelasannya :

a. *Expansion ratio.*

Berdasarkan KP 605 tahun 2015 bahwa pengujian *expansion ratio* dilakukan untuk mengetahui rasio *foam solution* awal *foam* yang digunakan terhadap pengembangan *foam solution* konsentrat *foam* setelah menjadi *foam*. dan berdasarkan ICAO Doc 9137-AN/898 *Airport Services Manual Part I Chapter 8.- Extinguishing Agent* bahwa *expansion ratio* dapat mempertimbangkan pengujian terhadap keoptimalan kinerja pada konsentrat *foam* jika dicampurkan dengan air. Peralatan yang dibutuhkan antara lain :

Tabel III. 1 Tabel Peralatan Pengujian *Expansion ratio* dan *Drainage time*

NAMA PERALATAN	GAMBAR
Tabung yang dapat diberi tekanan dengan <i>nozzle</i> pemancar	

Tabung Gelas ukur 1 liter 2 buah	
Timbangan digital	
Stopwatch	
Pompa (Kompresor)	

Pengujian *expansion ratio* harus memenuhi Standar pengembangan *foam* berada pada nilai rasio 6-15, tetapi dalam regulasi terbaru PR 30

Tahun 2022 disebutkan bahwa *expansion ratio* ada pada rentang nilai 6-10, sehingga bisa dipertimbangkan bahwa aturan terbaru harus menjadi dasar pertimbangan dalam pengetesan ini, berikut langkah-langkahnya:

- 1) Timbang tabung gelas ukur *foam solution* 1.000 ml dalam keadaan kosong;
- 2) Masukkan *foam* konsentrat 6% sebanyak 60 ml ke dalam gelas ukur (*foam* konsentrat diambil dari tangki kendaraan);
- 3) Kemudian masukkan juga air sebanyak 940 ml ke dalam gelas ukur (air dari tangki kendaraan yang ditest *foam* konsentratnya) sehingga jumlah 1.000 ml;
- 4) Masukkan cairan yang telah diukur kedalam tabung;
- 5) Masukkan tekanan dari pompa ke dalam tabung sehingga tekanan dalam tabung mencapai minimal 700 Kpa dan/atau 100 Psi;
- 6) *Foam* (Campuran *foam* ditambahkan air yang telah diberi tekanan) dikeluarkan untuk ditampung ke dalam gelas ukur sebanyak 1.000 ml;
- 7) Timbang gelas ukur yang berisi cairan *foam* 1.000 ml;
- 8) Berat gelas ukur yang berisi cairan *foam* dikurangkan dengan berat gelas ukur dalam keadaan kosong (untuk mengetahui berat bersih cairan *foam*);
- 9) Hasil pembagian dari 1.000 ml dengan berat bersih *foam* adalah *Expansion ratio*.

Diketahui : Berat kosong gelas ukur 1.000 mL = 554 gram Berat total (berat gelas ukur dan <i>foam</i> )= 658 gram
Berat Busa = Berat Total - Berat Kosong
Maka :
$\text{Expansion Ratio} = \frac{1.000 \text{ mL}}{(Berat Total - Berat Kosong)} = \frac{1.000 \text{ mL}}{(658 \text{ gram} - 554 \text{ gram})}$
Expansion Ratio = 1000 / 104 = 9,61

Gambar II.1 Penerapan Rumus *Expansion ratio*  
Sumber : KP 605 Tahun 2015

b. *Drainage time.*

Berdasarkan ICAO Doc 9137-AN/898 *Airport Services Manual Part 1- Rescue and Firefighting Fourth Edition, 2015. Chapter 5.- Factors In The Specification Process For Rescue Aid Firefighting Vehicles* bahwa fungsi dari *drainage time* adalah untuk mengoptimalkan kinerja bahan pemadam utama *foam* dan mencegah dari terbakar kembali (*burn-back*) lapisan minyak yang ada dipermukaan.berikut rumus mencari *drainage time* :

$$25\% \text{ Drainage Time} = \frac{1}{4} \times \text{Berat Busa Pada Gelas Ukur 1.000 mL (gram)}$$

Gambar II.2 Rumus *Drainage time*.

Sumber : KP 605 Tahun 2015

*Drainage time* harus dilakukan lebih dari 3 menit dan dihitung sampai *foam* meluruh menjadi air dalam 25 % dari berat total tabung *foam solution*, berikut langkah langkah pengujian *drainage time* berdasarkan KP 605 tahun 2015 :

- 1) Timbang gelas ukur *foam solution* 1.000 ml dalam keadaan kosong;
- 2) Masukkan *foam* konsentrat 6% sebanyak 60 ml ke dalam gelas ukur (*foam* konsentrat diambil dari tangki kendaraan);
- 3) Kemudian masukkan juga air sebanyak 940 ml ke dalam gelas ukur (air dari tangki kendaraan yang diuji *foam* konsentratnya) sehingga jumlah 1.000 ml;
- 4) Masukkan cairan yang telah diukur ke dalam tabung dan tambahkan dengan tekanan sebesar 100 psi;
- 5) *Foam* hasil dari percampuran pada langkah no. 4, dikeluarkan dan ditampung pada gelas ukur 1.000 ml;
- 6) Catat waktu yang diperlukan dari 25 % *foam* berubah menjadi air.

Perhitungan kebutuhan air untuk memproduksi *foam* dengan menggunakan konsentrat *foam* mutu B dan mutu C serta kebutuhan bahan pemadam pelengkap yang harus disediakan dalam *Foam tender* ditentukan sesuai dengan kategori PKP-PK. Menurut (ICAO.,2015)

merekendasikan penggunaan *foam* yang memenuhi standar *Level A*, *B*, atau *C*, tergantung pada kategori bandara dan jenis pesawat yang beroperasi di sana. Pengujian *foam* biasanya melibatkan penilaian kemampuan *foam* untuk memadamkan api dengan efektif, termasuk waktu kontrol api dan kemampuan untuk mempertahankan kontrol api. Pengujian ini meliputi *expansion ratio* yaitu perbandingan antara *foam solution foam* yang dihasilkan dan *foam solution* larutan *foam* yang digunakan, *drainage time* yaitu waktu yang dibutuhkan bagi air untuk mengalir keluar dari *foam*, *fire test* yaitu pengujian untuk menilai kemampuan *foam* dalam memadamkan api.

### **3. *Fire test***

Berdasarkan Di dalam ICAO Doc 9137*Airport Services Manual Part 1-Rescue and Firefighting Fourth Edition, 2015. Chapter 8.- Extinguishing Agent Characteristics 8.1.8 Fire test method*, ada mengatur tentang *Fire test*, tujuan untuk melakukan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan konsentrat *foam* untuk:

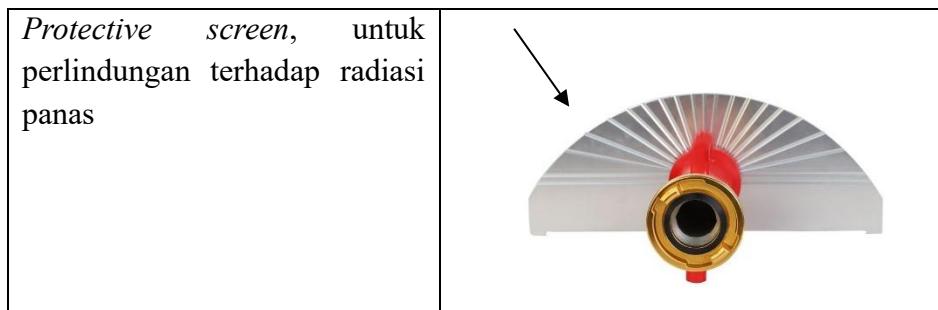
- a. Memadamkan api sebesar:
  - 1)  $2,8 \text{ m}^2$  , - *foam concentrate level A* .
  - 2)  $4,5 \text{ m}^2$  , - *foam concentrate level B* .
  - 3)  $7,32 \text{ m}^2$  , - *foam concentrate level C* .
- b. Tahan terhadap *burn-back* yang timbul dari bahan bakar dan panas.

Sesuai dengan ICAO Doc 9137*Airport Services Manual Part 1- Rescue and Firefighting Fourth Edition, 2015. Chapter 8.- Extinguishing Agent Characteristics 8.1.3 Quality of foam* menyatakan juga bahwa *fire test* memiliki banyak fungsi dan dapat menentukan keefektivitasan *foam* terhadap kecelakaan pesawat. Berikut peralatan untuk melakukan *fire test*, antara lain:

*Tabel III.2 Peralatan Fire test*

Nama Peralatan	Gambar
Sebuah nampan baja api berbentuk lingkaran dengan: 2,8 m <sup>2</sup> – <i>solution level A</i> 4,5 m <sup>2</sup> – <i>solution level B</i> 7,32 m <sup>2</sup> – <i>solution level C</i> dengan dinding vertikal harus memiliki tinggi 200 mm;	
<b>Peralatan pengukuran untuk pencatatan yang akurat dari:</b>	
Thermometer	
Alat Ukur Suhu Air	
Anemometer	

Bahan bakar : 60 L Avtur (Jet A1) untuk pengujian <i>solution level</i> A 100 L Avtur (Jet A1) untuk pengujian <i>solution level</i> B 157 L Avtur (Jet A1) untuk pengujian <i>solution level</i> C.	
Nozzle Uni 86	
Stopwatch	
Burn-back pot, berukuran 300 mm (diameter internal), tinggi 200 mm, berisi 2L bensin atau kerosin	



Sumber : ICAO Doc 9137

Untuk melakukan *Fire test* harus dibutuhkan alat pemadam api untuk menyalurkan *foam* kedalam baki, berikut tabel standar minimal *foam concentrate* terhadap *fire test* tergantung *level A,B atau C* dari peralatan,tekanan, hingga waktu untuk memadamkan nya,antara lain:

Tabel III.3 Tabel Standar Minimum *Fire test*

<i>Fire tests</i>	<i>Performance level A</i>	<i>Performance level B</i>	<i>Performance level C</i>
Nozzle (air aspirated)			
a) Branch pipe	"Uni 86" Foam nozzle (See Appendix 3)	"Uni 86" Foam nozzle (See Appendix 3)	"Uni 86" Foam nozzle (See Appendix 3)
b) Nozzle pressure	700 kPa	700 kPa	700 kPa
c) Application rate	4.1 L/min/m <sup>2</sup>	2.5 L/min/m <sup>2</sup>	1.56 L/min/m <sup>2</sup>
d) Nozzle discharge rate	11.4 L/min	11.4 L/min	11.4 L/min
Fire size	~ 2.8 m <sup>2</sup> (circular)	~ 4.5 m <sup>2</sup> (circular)	~ 7.32 m <sup>2</sup> (circular)
Fuel (on water substrate)	Kerosene	Kerosene	Kerosene
Preburn time	60 s	60 s	60 s
Fire performance			
a) extinguishing time	≤ 60 s	≤ 60 s	≤ 60 s
b) total application time	120 s	120 s	120 s
c) 25% reignition time	≥ 5 min	≥ 5 min	≥ 5 min

Sumber : ICAO Doc 9137

Dari Tabel diatas kita tahu bahwa pengujian ini memang membedakan *level* dari *foam concentrate*, berbeda *level* nya maka berbeda pula, pipa *discharge*, *nozzle pressure*,*application rate*, ukuran api, banyak nya bahan bakar, waktu pemadaman, hingga waktu yang diperlukan *foam solution* dalam menghalangi uap nyala api, berikut ini adalah prosedur *fire test*:

1. Posisikan ruangan yang menampung *foam* yang sudah dicampur sebelumnya berlawanan arah angin dari api dengan *nozzle horizontal*

pada ketinggian 1 meter di atas tepi atas nampan dan pada jarak yang akan memastikan bahwa *foam* akan jatuh ke pusat nampan.

2. Uji peralatan *foam* untuk memastikan *nozzle pressure* dan *discharge rate* :
  - a. Saat menguji *foam solution level A*, tempatkan 60 L air dan 60 L bahan bakar ke dalam nampan berukuran  $2,8 \text{ m}^2$ .
  - b. Saat menguji *foam solution level B*, tempatkan 100 L air dan 100L bahan bakar ke dalam nampan berukuran  $4,5 \text{ m}^2$ .
  - c. Saat menguji *foam solution level C*, tempatkan 157 L air dan 157L bahan bakar ke dalam nampan berukuran  $7,32 \text{ m}^2$ .
3. Posisikan *protective screen*.
4. Pastikan *nozzle pressure* sekitar 7 bar dan *discharge rate* 11,4 L/mnt.
5. Catat suhu udara, minyak tanah, air dan campuran *foam* dan periksa apakah berada dalam kisaran yang benar.
6. Catat kecepatan angin dan periksa kisaran yang benar.
7. Nyalakan bahan bakar dan biarkan 60 detik *pre-burn* dari keterlibatan penuh.
8. Oleskan *foam* secara terus-menerus sambil mempertahankan *nozzle pressure* dan *discharge rate* 11,4 L/menit selama 120 detik.
9. Catat waktu pemadaman.
10. Tempatkan ember besi di tengah baki.
11. Nyalakan ember dengan dibakar bakar kembali dalam waktu 120 detik setelah berakhirnya api padam setelah diselimuti *foam*.
12. Catat waktu saat 25 persen area bahan bakar kembali terbakar dengan api.

Berdasarkan (Dahlbom et al., 2022) untuk pengujian *foam* dengan *fire test* perlu dilaksanakan untuk mengevaluasi konsentrasi *foam*, tidak hanya itu, tes ini juga berguna untuk evaluasi pencegahan kebakaran di lingkungan bandar udara, seperti tumpahan minyak . *Fire test* merupakan salah satu bagian pengujian uji mutu *foam* yang perlu dilaksanakan berdasarkan regulasi penerbangan internasional ICAO Doc 9137 Airport

*Services Manual Part 1- Rescue and Firefighting Fourth Edition, 2015.*  
*Chapter 8.- Extinguishing Agent.*

#### **4. ICAO Doc 9137**

ICAO sendiri didirikan pada tahun 1944 melalui Konvensi Chicago yang ditandatangani oleh 52 negara. Indonesia resmi bergabung dengan *International Civil Aviation Organization* (ICAO) pada tanggal 27 April 1950. Sebagai anggota ICAO, Indonesia berperan aktif dalam pengembangan keselamatan dan keamanan penerbangan sipil internasional. Pada tahun 1962, Indonesia juga menjadi anggota Dewan ICAO (*Council*) untuk Kategori III, yang memberikan kesempatan lebih besar untuk berkontribusi dalam kebijakan penerbangan sipil internasional. Organisasi ini bertujuan untuk menciptakan standar global dalam keselamatan dan efisiensi penerbangan sipil internasional. ICAO terus memperbarui panduan teknisnya melalui dokumen-dokumen seperti *Doc 9137* untuk membantu negara-negara anggota memenuhi standar keselamatan penerbangan yang seragam (Susanto & Keke, 2020).

Menurut (Sutarwati & Lusi Amelia Simanjuntak, 2023) *ICAO Doc 9137* adalah dokumen panduan teknis yang diterbitkan oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO) sebagai bagian dari *Airport Services Manual*. Dokumen *Airport Services Manual* mencakup berbagai aspek operasional dan manajemen bandar udara, seperti perencanaan keadaan darurat (*Airport Emergency Planning*) hingga pemeliharaan fasilitas bandara (Darwis Nurlely, 2014). Didalam dokumen ini terdapat salah satu nya pengujian uji mutu *foam* yang sangat lengkap untuk terus memastikan *foam* efektif dalam memadamkan api, salahsatunya pengujian *fire test*.

#### **B. Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan hasil hasil dari sebelumnya yang digunakan sebagai bahan perbandingan dan studi. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tentang Upaya optimalisasi

pengujian *foam* dengan metode lanjutan *fire test* di bandar udara Internasional Kualanamu, berupa jurnal penelitian tersebut antara lain:

Tabel III.4 Penelitian Terdahulu Yang Relevan

No	Nama Penelitian	Judul penelitian	Hasil Penelitian
1.	Sixten Dahlbom, Tove Mallin, Magnus Bobert	<i>"Fire test Performance of Eleven PFAS-Free Class B Firefighting Foams Varying Fuels, Admixture, Water Types and Foam Generation Techniques"</i> (2022)	Hasil penelitian mengungkapkan bahwa <i>expansion ratio</i> dan <i>drainage time</i> dipengaruhi oleh suhu baki, fluks panas, suhu lingkungan, tempat penyimpanan, serta nozzle, dan tidak cukup sebagai indikator tunggal pembentukan dan peluruhan <i>foam</i> . <i>Drainage time foam</i> konsentrat 6% (uni nozzle 86) lebih lama daripada konsentrat 3% dan 9%. <i>Fire test</i> dengan standar fluks panas 1,5 kW/m <sup>2</sup> menunjukkan fluks panas dapat turun signifikan oleh <i>foam D</i> (6%, uni nozzle 86) pada api Jet A1, meskipun penurunannya lebih perlahan dibanding CAF. Viskositas rendah mempercepat peluruhan <i>foam</i> dan berisiko picu <i>burn-back</i> , yang dilaporkan dapat mungkin terjadi pada diatas 25% total luas kebakaran/insiden.
2.	Henry Persson, Magnus Bobert, Francine Amon	<i>"ETANKFIRE-Fire extinguishing tests of ethanol tank fires in reduced scale"</i> (2016)	Tujuan penelitian ini adalah menguji dan eksperimen terkait pemadaman kebakaran tangki yang berisi <i>ethanol</i> dengan <i>foam</i> , dan melihat kemampuan <i>foam</i> tehadap <i>burn-back</i> , kembali. Hasil penelitian ini adalah <i>expansion ratio foam</i> yang lebih tinggi dan waktu drainase yang lebih lama menghasilkan performa penanggulangan kebakaran yang lebih optimal.
3.	Katherine M. Hinnant, Michael W. Conroy,	<i>"Influence of fuel on foam degradation for fluorinated and fluorine-free foams"</i> (2017)	Tujuan penelitian ini adalah membandingkan dua objek <i>foam</i> yaitu <i>foam</i> bebas-flour dan <i>foam</i> AFFF ( <i>Aqueous Forming Film Foam</i> ), dihasilkan bahwa <i>foam</i> AFFF lebih lama

	Ramagopal Ananth		terurai atau meluruh dibandingkan <i>foam</i> bebas-flour, selain itu bahwa penelitian terkait <i>drainage time</i> dan <i>expansion ratio</i> tanpa parameter pemadaman kebakaran, itu tidak sebanding dengan yang hanya tanpa api, karena tes <i>expansion ratio</i> dan <i>drainage time</i> bisa saja hasilnya berbeda karena, bahan bakar itu mempengaruhi waktu produksi <i>foam</i> dan waktu peluruhan <i>foam</i> secara langsung, sehingga bisa mempengaruhi nilai <i>expansion ratio</i> dan <i>drainage time</i> tanpa nyala api.
4.	Arthur W Snow, Spencer L Giles, Katherine Hinnant	“Fuel for Firefighting Foam Evaluations: Gasoline vs Heptane ”(2019)	Tujuan penelitian ini adalah menguji kemampuan <i>foam Flour Flouine Free</i> (F3) dalam memadamkan api yang dihasilkan dari baki yang berisi bensin dan api yang dihasilkan dari baki yang berisi heptana komersial, Hasil penelitian adalah semakin kuat aromatik dari suatu bahan bakar, maka semakin lama api di padamkan, dari pengujian hanya dengan rasio ekspansi dan <i>drainage time</i> sulit untuk menjadi indikator pengujian <i>foam</i> dalam melakukan pemadaman itu tidak memadai karena , salah satu indikator dari <i>foam</i> yang dapat nyelimuti api ( <i>burn-back</i> ), merupakan hasil penambahan dan berkurang nya konsentrasi <i>foam</i> serta distribusi ukuran gelembung yang dipengaruhi oleh bahan bakar yang terbakar.