

**ANALISIS MUTU DAN BIAYA OPERASIONAL AFFF DAN FFF  
SEBAGAI PERTIMBANGAN IMPLEMENTASI FOAM RAMAH  
LINGKUNGAN DI BANDAR UDARA**

**PROYEK AKHIR**



**Oleh:**

**MUHAMMAD AIMAR**

**NIT. 55232310015**

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

**2026**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS MUTU DAN BIAYA OPERASIONAL AFFF DAN FFF SEBAGAI PERTIMBANGAN IMPLEMENTASI FOAM RAMAH LINGKUNGAN DI BANDAR UDARA**

**Oleh:**

**MUHAMMAD AIMAR**

**NIT: 55232310015**

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

Penelitian ini membahas perbandingan mutu dan biaya operasional *Aqueous Film Forming Foam* (AFFF) dan *Fluorine Free Foam* (FFF) sebagai pertimbangan implementasi foam ramah lingkungan di bandar udara. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan mutu dan biaya operasional *foam* AFFF dan FFF pada unit PKP-PK Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang serta implikasinya terhadap penggunaan *foam* ramah lingkungan di bandar udara. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui pengujian mutu *foam* dengan parameter *expansion ratio*, *drainage time*, dan pH. Selain itu, dokumentasi, studi pustaka, dan wawancara digunakan sebagai data pendukung dalam penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AFFF memiliki mutu yang lebih baik dibandingkan FFF, yang ditunjukkan melalui nilai *expansion ratio* dan *drainage time* yang lebih tinggi, sedangkan kedua jenis foam menunjukkan nilai pH yang sama dan telah memenuhi ketentuan yang berlaku. Dari aspek biaya operasional, penggunaan AFFF juga lebih efisien dibandingkan FFF. Berdasarkan kajian pustaka, FFF menunjukkan potensi dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan AFFF karena tidak menghasilkan residu PFAS (*Per- and Polyfluoroalkyl Substances*) yang persisten. Dengan demikian, AFFF lebih unggul dari aspek mutu dan efisiensi biaya operasional, sedangkan FFF lebih unggul dari aspek lingkungan. Berdasarkan kajian pustaka, FFF menunjukkan potensi dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan AFFF karena tidak menghasilkan residu PFAS persisten. Dengan demikian, AFFF lebih baik dari aspek mutu dan efisiensi biaya operasional, sedangkan FFF lebih baik dari aspek lingkungan AFFF. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan pengambilan keputusan terkait penggunaan *foam* di bandar udara.

**Kata Kunci:** AFFF, biaya operasional, FFF, PKP-PK, uji mutu *foam*.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF THE QUALITY AND OPERATIONAL COSTS OF AFFF AND FFF IN SUPPORTING THE IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY FOAM AT AIRPORTS**

**By:**

**MUHAMMAD AIMAR**

**NIT: 55232310015**

**AVIATION RESCUE AND FIRE FIGHTING STUDY PROGRAM**

**DIPLOMA THREE PROGRAM**

*This study compares the quality and operational costs of Aqueous Film Forming Foam (AFFF) and Fluorine-Free Foam (FFF) as a consideration for the implementation of environmentally friendly firefighting foam at airports. The aim of this study is to compare the quality and operational costs of AFFF and FFF used by the Aircraft Rescue and Fire Fighting (ARFF) Unit at Jendral Ahmad Yani International Airport, Semarang, and to examine their implications for the implementation of environmentally friendly firefighting foam. This study employed a quantitative approach through foam quality testing using three parameters: expansion ratio, drainage time, and pH. In addition, documentation, literature review, and interviews were used as supporting data. The results indicate that AFFF demonstrates better foam quality than FFF, as reflected by its higher expansion ratio and longer drainage time, while both foams have the same pH value and comply with the applicable standards. In terms of operational costs, AFFF is also more cost-efficient than FFF. Based on the literature review, FFF has a lower potential environmental impact than AFFF because it does not contain persistent Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Therefore, AFFF performs better in terms of foam quality and operational cost efficiency, whereas FFF offers greater environmental benefits. This study is expected to serve as a reference for future research and as a consideration in decision-making regarding the use of firefighting foam at airports.*

**Keywords:** AFFF, ARFF, FFF, foam quality testing, operational costs.

## **PENGESAHAN PEMBIMBING**

Proyek Akhir: “ANALISIS MUTU DAN BIAYA OPERASIONAL AFFF DAN FFF SEBAGAI PERTIMBANGAN IMPLEMENTASI *FOAM* RAMAH LINGKUNGAN DI BANDAR UDARA” telah diperiksa dan telah disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus dari Pendidikan Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan Program Diploma Tiga Angkatan 04, Politeknik Penerbangan Palembang.



Nama : Muhammad Aimar

NIT : 55232310015

**PEMBIMBING I**

Dr. ANTON ABDULLAH, S.T., M.M.

Pembina (IV/a)

NIP. 19781025 200003 1 001

**PEMBIMBING II**

MOHAMMAD SYUKRI PESILETTE, S.T., M.M.

Pembina Tingkat I (IV/b)

NIP. 19781025 200003 1 001

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

WILDAN NUGRAHA, S.E., MS.ASM

Penata Tingkat I (III/d)

NIP. 19890121 200912 1 002

## PENGESAHAN PENGUJI

Proyek Akhir: "ANALISIS MUTU DAN BIAYA OPERASIONAL AFFF DAN FFF SEBAGAI PERTIMBANGAN IMPLEMENTASI *FOAM* RAMAH LINGKUNGAN DI BANDAR UDARA" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Proyek Akhir Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan Program Diploma Tiga Angkatan 04, Politeknik Penerbangan Palembang. Proyek Akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Diploma Tiga pada tanggal 30 Juni 2026.

KETUA



M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si  
Pembina (IV/a)  
NIP. 19810306 200212 1 001

SEKRETARIS



FARDAN ZEDA ACHMADI YUDA, S.ST., MS.AM  
Penata (III/c)  
NIP. 19901115 201012 1 001

ANGGOTA



Dr. ANTON ABDULLAH, S.T., M.M.  
Pembina (IV/a)  
NIP. 19781025 200003 1 001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Aimar

NIT : 5523231005

Program Studi : Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan Program  
Diploma Tiga

Menyatakan bahwa Proyek Akhir berjudul "ANALISIS MUTU DAN BIAYA OPERASIONAL AFFE DAN FFF SEBAGAI PERTIMBANGAN IMPLEMENTASI FOAM RAMAH LINGKUNGAN DI BANDAR UDARA" 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, 30 Juni 2026

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Aimar

## **PEDOMAN PENGGUNAAN PROYEK AKHIR**

Proyek 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.

Sitasi hasil penelitian Proyek Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Aimar, Muhammad., Abdullah, Anton., Pesilette, Mohammad Syukri (2026):  
ANALISIS MUTU DAN BIAYA OPERASIONAL AFFF DAN FFF  
SEBAGAI PERTIMBANGAN IMPLEMENTASI FOAM RAMAH  
LINGKUNGAN DI BANDAR UDARA, Proyek Akhir Program Diploma  
III, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Proyek Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan, Program Diploma Tiga Politeknik Penerbangan Palembang.

*Dengan penuh rasa syukur, karya tulis ini penulis persembahkan kepada:*

*Bapak Asep Hidayat dan Ibu Ida Royani*

*Terimakasih atas kasih sayang, doa, pengorbanan, dan kepercayaan yang tiada henti sehingga menjadi alasan terbesar penulis untuk terus melangkah hingga mampu menyelesaikan perjalanan ini.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, serta bimbingan-Nya sehingga proposal tugas akhir ini dapat disusun dengan baik dan lancar. Proposal ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan, sekaligus sebagai landasan awal dalam pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

Adapun penelitian dalam proposal tugas akhir ini berfokus pada kajian mengenai mutu dan biaya operasional penggunaan *foam* pemadam kebakaran, khususnya dalam mendukung implementasi *foam* yang lebih ramah lingkungan di lingkungan unit Pelayanan Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK). Melalui penyusunan proposal ini, penulis berharap penelitian yang dilakukan nantinya dapat memberikan kontribusi berupa data, analisis, serta rekomendasi yang bermanfaat bagi pengembangan sistem PKP-PK, khususnya dalam aspek efektivitas dan efisiensi penggunaan media pemadam kebakaran.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan proposal ini tidak akan berjalan lancar tanpa dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada dosen pembimbing, para instruktur, serta seluruh personel di *ARFF Department* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang yang telah memberikan arahan, data, dan motivasi berharga selama proses penelitian ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan limpahan anugerah dan lindungan pada hamba-Nya.
2. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini.
3. AstridHerera
4. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang.

3. Astrid Herera, Yova Merinda, Olivia Rizky Ramadhani dan Muhammad David Ashida, selaku saudara/i penulis yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini.
4. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang.
5. Bapak Sugirarno selaku *Airport Rescue and Fire Fighting Departement Head* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.
6. Bapak Wildan Nugraha, S.E., MS.ASM., selaku Ketua Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan (PPKP)
7. Bapak Dr. Anton Abdullah, S.T., M.M. selaku Dosen Pembimbing 1 Proyek Akhir
8. Bapak Mohammad Syukri Pesilette, S.T., M.M. selaku Dosen Pembimbing 1 Proyek Akhir
9. Seluruh personel *ARFF* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.
10. Seluruh rekan-rekan Taruna PPKP 04 Politeknik Penerbangan Palembang.
11. Pemilik NIT. 55232310021, terima kasih atas segala doa, dukungan, kepercayaan, dan kebersamaan yang telah menjadi penyemangat dalam setiap langkah penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih telah selalu hadir, memberikan motivasi, serta menjadi tempat berbagi suka dan duka selama perjalanan ini.

Palembang, 30 Juni 2026



Muhammad Aimar  
NIT. 55232310015

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                                                 |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ABSTRAK .....                                                                                                                                   | i    |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                  | ii   |
| PENGESAHAN PEMBIMBING.....                                                                                                                      | iii  |
| PENGESAHAN PENGUJI.....                                                                                                                         | iv   |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....                                                                                                                | v    |
| PEDOMAN PENGGUNAAN PROYEK AKHIR.....                                                                                                            | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                                                                                                                            | viii |
| DAFTAR ISI.....                                                                                                                                 | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                                                                                             | xii  |
| DAFTAR TABEL .....                                                                                                                              | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                                                                                                            | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                                                                                                         | 1    |
| A. Latar Belakang .....                                                                                                                         | 1    |
| B. Rumusan Masalah .....                                                                                                                        | 5    |
| C. Batasan Masalah.....                                                                                                                         | 5    |
| D. Tujuan Penelitian .....                                                                                                                      | 6    |
| E. Manfaat Penelitian .....                                                                                                                     | 6    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                                                                                                                    | 8    |
| A. Landasan Teori.....                                                                                                                          | 8    |
| 1. PKP-PK .....                                                                                                                                 | 8    |
| 2. <i>Foam</i> Pemadam Kebakaran.....                                                                                                           | 9    |
| 3. <i>Aqueous Film Forming Foam</i> .....                                                                                                       | 10   |
| 4. <i>Flourine Free Foam</i> .....                                                                                                              | 11   |
| 5. Uji Mutu <i>Foam</i> .....                                                                                                                   | 12   |
| 6. Biaya Operasional.....                                                                                                                       | 15   |
| B. Kajian Penelitian Terdahulu.....                                                                                                             | 16   |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....                                                                                                              | 23   |
| A. Jenis Penelitian.....                                                                                                                        | 23   |
| B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....                                                                                                            | 24   |
| C. Objek Penelitian .....                                                                                                                       | 26   |
| D. Variabel Penelitian .....                                                                                                                    | 26   |
| E. Teknik Pengumpulan Data .....                                                                                                                | 27   |
| F. Teknik Analisis Data.....                                                                                                                    | 33   |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                                                                               | 36   |
| A. Hasil Penelitian .....                                                                                                                       | 36   |
| 1. Gambaran Umum Objek Penelitian.....                                                                                                          | 36   |
| 2. Hasil Perbandingan Mutu <i>Foam</i> AFFF dan FFF Berdasarkan Parameter Uji Mutu <i>Foam</i> .....                                            | 39   |
| 3. Hasil perbandingan biaya operasional AFFF dan FFF.....                                                                                       | 42   |
| 4. Hasil Perbandingan Mutu dan Biaya Operasional <i>Foam</i> AFFF dan FFF terhadap Penerapan <i>Foam</i> Ramah Lingkungan di Bandar Udara ..... | 49   |

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| B. Pembahasan.....                                                                                                                                 | 57 |
| 1. Analisis perbandingan mutu <i>foam</i> AFFF dan FFF berdasarkan parameter uji mutu <i>foam</i> .....                                            | 57 |
| 2. Analisis perbandingan biaya operasional AFFF dan FFF .....                                                                                      | 63 |
| 3. Analisis Perbandingan Mutu dan Biaya Operasional <i>Foam</i> AFFF dan FFF terhadap Penerapan <i>Foam</i> Ramah Lingkungan di Bandar Udara ..... | 64 |
| BAB V PENUTUP.....                                                                                                                                 | 70 |
| A. Kesimpulan .....                                                                                                                                | 70 |
| B. Saran.....                                                                                                                                      | 71 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                                               | 72 |
| LAMPIRAN.....                                                                                                                                      | 77 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1. Mekanisme Kerja AFFF pada kebakaran bahan bakar cair .....                               | 10 |
| Gambar 2. 2. Perbandingan Stabilitas <i>Foam</i> dan Efektivitas Pemadaman antara AFFF dan FFF .....  | 12 |
| Gambar 3. 1. Alur Penelitian.....                                                                     | 24 |
| Gambar 3. 2. Skema Hubungan antar Variabel .....                                                      | 27 |
| Gambar 4. 1. Struktur Organisasi PKP-PK Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang ..... | 36 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1. Penelitian terdahulu.....                                             | 16 |
| Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian.....                                                | 25 |
| Tabel 3. 2. Instrumen Wawancara Biaya Operasional.....                            | 31 |
| Tabel 3. 3. Rekapitulasi Teknik Analisis Data.....                                | 34 |
| Tabel 4. 1. Standar Nilai Uji Mutu <i>Foam</i> Berdasarkan KP 605 Tahun 2015..... | 39 |
| Tabel 4. 2. Hasil Uji Mutu AFFF.....                                              | 40 |
| Tabel 4. 3. Hasil Uji Mutu AFFF.....                                              | 41 |
| Tabel 4. 4. Perbandingan Nilai Uji Mutu AFFF dan FFF.....                         | 42 |
| Tabel 4. 5. Hasil Penelusuran Harga <i>Foam</i> AFFF.....                         | 44 |
| Tabel 4. 6. Hasil Perhitungan Biaya Operasional AFFF dan FFF.....                 | 49 |
| Tabel 4. 7. Hasil Keterkaitan Mutu <i>Foam</i> terhadap Biaya Operasioal.....     | 49 |
| Tabel 4. 8. Dampak AFFF terhadap Lingkungan.....                                  | 50 |
| Tabel 4. 9. Dampak FFF terhadap Lingkungan.....                                   | 52 |
| Tabel 4. 10. Perbandingan Dampak Lingkungan AFFF dan FFF.....                     | 54 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Dokumentasi Uji Mutu Foam.....      | 77 |
| Lampiran 2. Lembar Hasil Uji Mutu AFFF .....    | 78 |
| Lampiran 3. Lembar Hasil Uji Mutu FFF .....     | 79 |
| Lampiran 4. Nota Pengadaan FFF .....            | 80 |
| Lampiran 5. Lembar Validitas Wawancara .....    | 81 |
| Lampiran 6. Dokumentasi Wawancara .....         | 83 |
| Lampiran 7. Transkrip Wawancara.....            | 84 |
| Lampiran 8. Lembar Bimbingan Proyek Akhir ..... | 89 |
| Lampiran 9. Hasil Cek Turnitin .....            | 91 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Transportasi udara saat ini mengalami perkembangan yang pesat seiring dengan meningkatnya mobilitas masyarakat dan pertumbuhan industri penerbangan. Hal ini ditunjukkan oleh tingginya jumlah penumpang angkutan udara di Indonesia, dimana sepanjang tahun 2024 jumlah penumpang domestik mencapai 63,7 juta orang dan penumpang internasional mencapai 19,0 juta orang, yang menunjukkan adanya peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya (BPS, 2025). Selain itu, aktivitas penerbangan juga tergolong tinggi, seperti pada Desember 2024 yang mencatat sebanyak 3.076 penerbangan (BPS, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas operasional di bandar udara semakin meningkat, sehingga menuntut adanya sistem keselamatan yang semakin andal dan responsif terhadap berbagai potensi risiko. Dalam operasionalnya, bandar udara tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya keadaan darurat, termasuk kebakaran yang dapat disebabkan oleh bahan bakar pesawat. Oleh karena itu, kesiapsiagaan dalam penanganan kebakaran menjadi salah satu aspek penting dalam menjamin keselamatan penerbangan, khususnya melalui sistem Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK).

Kemajuan teknologi dan peningkatan standar keselamatan penerbangan telah membawa lebih banyak perhatian pada media pemadam kebakaran yang tidak hanya efektif dalam memadamkan api tetapi juga ramah lingkungan. Di bandara, *foam* berfungsi untuk menangani kebakaran kelas B karena kemampuannya untuk menutup permukaan bahan bakar dan mencegahnya terbakar kembali. Dengan meningkatnya kesadaran publik mengenai dampak lingkungan dari salah satu bahan pemadam kebakaran, kini terdapat alternative bahan pemadam kebakaran yang dikembangkan agar lebih ramah lingkungan, hal ini sejalan dengan PR 30 Tahun (2022), yang mewajibkan

penggunaan bahan pemadam kebakaran yang ramah lingkungan. Namun pada implementasi di lapangannya masih mengalami berbagai tantangan.

Meskipun kebijakan penggunaan *foam* ramah lingkungan telah ditetapkan, implementasinya di lapangan masih memerlukan penyesuaian dalam operasional. Hingga saat ini, penggunaan AFFF masih menjadi bagian dari PKP-PK karena telah digunakan dalam jangka waktu yang lama dan memiliki rekam jejak operasional dalam penanganan kebakaran bahan bakar penerbangan. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses transisi menuju penggunaan *foam* ramah lingkungan perlu mempertimbangkan berbagai aspek, baik dari sisi teknis maupun operasional. Namun demikian, *foam Fluorine Free Foam* kini mulai diperkenalkan sebagai alternatif yang lebih aman bagi lingkungan seiring meningkatnya kekhawatiran terhadap dampak senyawa fluorin terhadap lingkungan (Jahura *et al.*, 2024; Place & Field, 2012). Kekhawatiran ini bukan tanpa dasar, karena penggunaan AFFF di Stockholm Arlanda Airport, Sweden dilaporkan menyebabkan kontaminasi PFAS pada tanah, air tanah, dan organisme perairan (Filipovic *et al.*, 2015). Perbedaan komposisi antara kedua jenis *foam* menunjukkan kemungkinan perbedaan kualitas *foam* yang dihasilkan, yang dapat dievaluasi melalui parameter teknis seperti rasio ekspansi, waktu drainase, dan stabilitas *foam* sebagai dasar untuk mengevaluasi penggunaan *foam* di bandara.

Perbedaan kandungan dan karakteristik antara *foam Aqueous Film Forming Foam* dan *Flourine Free Foam* mengindikasikan bahwa pemilihan jenis *foam* perlu didukung oleh data teknis yang mengukur kualitas *foam* yang dihasilkan. Penilaian mutu *foam* diperlukan untuk memberikan gambaran objektif mengenai pembentukan dan ketahanan *foam* dalam sistem pemadam kebakaran, terutama saat menggunakan *foam* untuk kebakaran bahan bakar cair. Pengujian mutu *foam* konsentrat merupakan aspek krusial dalam memastikan efektivitas layanan PKP-PK di bandar udara, dengan tiga parameter utama yang diuji yaitu *expansion ratio*, *drainage time*, nilai pH

(Arkana & Abdullah, 2025). Kajian mengenai karakteristik *foam* menunjukkan bahwa parameter-parameter ini memainkan peran penting dalam menilai kinerja fisik *foam* sebagai bahan pemadam api (Dahlbom *et al.*, 2022). Dengan demikian, studi perbandingan kualitas *foam* merupakan hal yang sangat penting untuk dijadikan acuan teknis dalam menentukan spesifikasi *foam* yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan operasional bandara.

Selain mempertimbangkan kualitas *foam*, efisiensi dalam pengelolaan anggaran operasional juga menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan media pemadam kebakaran di bandara. Dalam operasional PKP-PK, penggunaan *foam* tidak hanya untuk pemadaman darurat, tetapi juga digunakan dalam kegiatan pelatihan sebagai bagian dari prosedur standar untuk menjaga kesiapsiagaan. Aktivitas tersebut tetap memerlukan penggunaan *foam* sehingga turut berpengaruh terhadap total kebutuhan operasional secara berkelanjutan. Selain penggunaan dalam kegiatan operasional dan pelatihan, penyimpanan *foam* juga menjadi aspek yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan PKP-PK. *Foam* konsentrat harus disimpan sesuai rekomendasi pabrikan, seperti pada wadah yang tertutup rapat, terhindar dari paparan sinar matahari langsung, serta berada pada rentang suhu penyimpanan yang dianjurkan agar karakteristik fisik dan kimianya tetap terjaga. Kondisi penyimpanan yang tidak sesuai dapat memengaruhi mutu *foam*, sehingga berpotensi menurunkan performanya ketika digunakan dalam kegiatan operasional maupun latihan. Selama ini, banyak penelitian lebih menekankan pada kinerja teknis *foam*, seperti kemampuan pemadaman dan karakteristik fisiknya, sementara pembahasan mengenai kaitannya dengan biaya operasional, khususnya di lingkungan bandar udara, masih belum banyak dibahas.

Seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap isu lingkungan, penggunaan *foam* ramah lingkungan mulai menjadi pertimbangan penting dalam

operasional bandara. Kondisi ini mendorong adanya peralihan dari AFFF ke FFF. Namun, perbedaan karakteristik antara kedua jenis *foam* tersebut tidak hanya berdampak pada aspek teknis pemadaman, tetapi juga berpotensi memengaruhi kebutuhan penggunaannya dalam operasional. Hal ini terlihat dari temuan Back *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa FFF memerlukan *application rate* sekitar 1,5–3 kali lebih besar untuk mencapai performa yang setara dengan AFFF. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan FFF dapat meningkatkan konsumsi *foam* yang pada akhirnya berdampak pada biaya operasional. Oleh karena itu, pemilihan jenis *foam* tidak hanya mempertimbangkan kinerja teknis, tetapi juga perlu memperhatikan efisiensi penggunaan dan biaya, sebagaimana yang dikemukakan oleh (Dauchy *et al.*, 2017) Namun demikian, kajian yang mengintegrasikan aspek mutu, biaya operasional, dan keberlanjutan dalam satu pembahasan masih terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, kajian yang menghubungkan kualitas *foam* dengan dampaknya terhadap biaya operasional dalam konteks PKP-PK di bandar udara masih perlu diperdalam. Meskipun berbagai penelitian telah membahas kinerja teknis *foam* serta dampak lingkungannya, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek tersebut secara terpisah dan belum banyak mengintegrasikannya dengan analisis biaya operasional dalam satu kajian yang komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dalam menggabungkan analisis mutu *foam* dengan aspek biaya operasional sebagai dasar pertimbangan dalam implementasi *foam* ramah lingkungan di bandar udara. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan AFFF dan FFF tidak hanya dari segi mutu, tetapi juga dari sisi ekonomisnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan penggunaan *foam* yang efektif, efisien, serta mendukung keberlanjutan operasional di bandara. Atas dasar pertimbangan tersebut, maka penelitian ini diangkat dengan judul

“Analisis Mutu dan Biaya Operasional AFFF dan FFF sebagai Pertimbangan Implementasi *Foam* Ramah Lingkungan di Bandar Udara”.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana perbandingan mutu *foam* AFFF dan FFF berdasarkan parameter uji mutu *foam* yang meliputi *Expansion ratio*, *drainage time*, dan nilai pH?
2. Bagaimana perbandingan biaya operasional penggunaan *foam* AFFF dan FFF dalam operasional bandar udara?
3. Bagaimana implikasi hasil perbandingan mutu dan biaya operasional *foam* AFFF dan FFF sebagai pertimbangan implementasi *foam* ramah lingkungan di bandar udara?

## **C. Batasan Masalah**

Untuk memastikan bahwa penelitian ini lebih terfokus dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada perbandingan mutu *foam* antara AFFF dan FFF.
2. Penilaian mutu *foam* hanya didasarkan pada hasil uji mutu *foam*, yang meliputi parameter *Expansion ratio*, *drainage time*, dan nilai *ph*, tanpa melakukan uji pemadaman kebakaran secara langsung.
3. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam aspek kimiawi, toksikologi, dan dampak lingkungan dari penggunaan AFFF maupun FFF.
4. Penelitian ini tidak menganalisis kinerja taktis pemadaman, seperti waktu pemadaman, *burnback resistance*, maupun efektivitas pemadaman pada kebakaran nyata atau simulasi kebakaran skala besar.
5. Penelitian ini dibatasi pada konteks operasional sistem PKP-PK bandara, sehingga hasil penelitian tidak secara langsung digeneralisasikan untuk sektor pemadaman kebakaran selain penerbangan.

6. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil uji mutu *foam*, dokumen teknis, dan observasi selama kegiatan OJT, tanpa melibatkan uji laboratorium lanjutan di luar fasilitas yang tersedia.

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

Untuk memastikan bahwa penelitian ini lebih terfokus dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perbandingan mutu *foam* AFFF dan FFF berdasarkan parameter *Expansion ratio*, *drainage time*, dan nilai pH.
2. Menganalisis perbandingan biaya operasional penggunaan *foam* AFFF dan FFF dalam pengelolaan operasional di bandar udara.
3. Memberikan gambaran pertimbangan teknis dan ekonomis bagi bandar udara dalam mengimplementasikan penggunaan *foam* ramah lingkungan berdasarkan hasil analisis mutu *foam* dan biaya operasional.

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

##### **1. Manfaat Teoritis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian ilmu pengetahuan di bidang Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK), khususnya terkait uji mutu *foam* pemadam kebakaran. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi akademik mengenai perbandingan mutu *foam* AFFF dan FFF berdasarkan parameter uji mutu *foam*, serta memperkaya literatur yang berkaitan dengan evaluasi media pemadam kebakaran pada sektor kebandarudaraan.

##### **2. Manfaat Praktis**

- a. Bagi penulis: penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan pemahaman mengenai mutu *foam* AFFF dan FFF serta kaitannya dengan biaya operasional, sekaligus menjadi pengalaman dalam

menerapkan ilmu yang diperoleh selama pendidikan ke dalam penelitian ilmiah.

- b. Bagi lembaga/instansi: penelitian ini dapat menjadi bahan referensi dan pendukung dalam kegiatan pembelajaran, pelatihan, maupun pengembangan ilmu pengetahuan di bidang PKP-PK, khususnya terkait pengujian mutu *foam* dan perbandingan karakteristik AFFF dan FFF.
- c. Bagi bandar udara: penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak bandara dalam proses pengambilan keputusan terkait pemilihan dan penggunaan *foam* pada sistem PKP-PK, melalui penyediaan data perbandingan mutu dan biaya operasional yang dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam mendukung operasional yang efektif, efisien, dan berkelanjutan.
- d. Bagi peneliti selanjutnya: menjadi referensi awal bagi penelitian lanjutan yang berkaitan dengan pengujian mutu *foam*, evaluasi kinerja pemadaman, maupun kajian kebijakan penggunaan media pemadam kebakaran pada sektor kebandarudaraan.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan hasil analisis perbandingan mutu *foam Aqueous Film Forming Foam (AFFF)* dan *Flourine Free Foam* dapat menjadi dasar pertimbangan yang aplikatif dalam mendukung peningkatan efektivitas sistem PKP-PK serta penerapan standar keselamatan penerbangan yang lebih baik dan berkelanjutan.