

**INOVASI APLIKASI *FIRE FOAM DIGITAL TEST* (FFDT)  
UNTUK PENGUJIAN MUTU *FOAM* KONSENTRAT  
DI BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI-BALI**

**TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan  
Program Studi Diploma Tiga Penyelamatan dan  
Pemadam Kebakaran Penerbangan

Oleh:

**I PANDE GEDE YOGI PUTRA ARKANA**  
**NIT. 55232210034**



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

**JULI 2025**

**INOVASI APLIKASI *FIRE FOAM DIGITAL TEST* (FFDT)  
UNTUK PENGUJIAN MUTU *FOAM* KONSENTRAT  
DI BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI-BALI**

**TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan  
Program Studi Diploma Tiga Penyelamatan dan  
Pemadam Kebakaran Penerbangan

Oleh:

**I PANDE GEDE YOGI PUTRA ARKANA**  
**NIT. 55232210034**



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

**JULI 2025**

**ABSTRAK**

**INOVASI APLIKASI *FIRE FOAM DIGITAL TEST* (FFDT)  
UNTUK PENGUJIAN MUTU *FOAM* KONSENTRAT  
DI BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI-BALI**

**Oleh:**

**I PANDE GEDE YOGI PUTRA ARKANA**  
**NIT: 56192110020**

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

Peneliti mengembangkan Aplikasi FFDT (*Fire Foam Digital Test*) untuk mendukung pengujian mutu *foam* konsentrat di Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai–Bali. *Foam* konsentrat memiliki peran vital dalam sistem pemadam kebakaran, sehingga proses pengujian harus dilakukan secara akurat dan sesuai prosedur. Namun, personel PKP-PK kerap mengalami kendala seperti kesalahan perhitungan, kekeliruan mengikuti panduan, dan keterbatasan alat. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan model *waterfall* melalui lima tahapan: analisis, desain, implementasi, verifikasi, dan pemeliharaan. Aplikasi ini dirancang secara *offline*, dilengkapi fitur perhitungan otomatis dan panduan interaktif yang mudah diakses. Hasil validasi menunjukkan tingkat kelayakan sangat tinggi: ahli media 97%, ahli industri 94%, dan ahli akademisi 94%, dengan rata-rata 95%. Aplikasi FFDT terbukti layak digunakan sebagai alat bantu teknis dan media pembelajaran. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital secara tepat dapat meningkatkan efisiensi kerja, memperkuat kompetensi teknis personel, serta mengurangi risiko kesalahan dalam pengujian *foam*. Lebih jauh, aplikasi ini dapat diadopsi secara luas untuk mendukung keselamatan operasional di bandara lain. Oleh karena itu, FFDT berpotensi menjadi solusi strategis dalam modernisasi prosedur teknis dan pengembangan kapasitas personel PKP-PK secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** FFDT, *foam* konsentrat, pengujian mutu, aplikasi digital, PKP-PK, keselamatan penerbangan

**ABSTRACT**  
**FIRE FOAM DIGITAL TEST (FFDT) APPLICATION**  
**INNOVATION FOR QUALITY TESTING OF FOAM**  
**CONCENTRATE AT I GUSTI NGURAH RAI AIRPORT-BALI**

**By:**

**I PANDE GEDE YOGI PUTRA ARKANA**  
**NIT: 56192110020**

**AVIATION FIRE RESCUE AND EXTINGUISHING STUDY**  
**PROGRAM AVIATION FIRE DIPLOMA THREE PROGRAM**

*Researchers developed the FFDT (Fire Foam Digital Test) Application to support the quality testing of foam concentrate at I Gusti Ngurah Rai-Bali Airport. Foam concentrate has a vital role in the fire fighting system, so the testing process must be carried out accurately and according to procedures. However, PKP-PK personnel often experience obstacles such as calculation errors, mistakes in following guidelines, and limited tools. This research uses the Research and Development (R&D) method with a waterfall model approach through five stages: analysis, design, implementation, verification, and maintenance. This application is designed offline, with automatic calculation features and interactive guides that are easily accessible. The validation results showed a very high level of feasibility: media experts 97%, industry experts 94%, and academic experts 94%, with an average of 95%. The FFDT application proved to be feasible to use as a technical tool and learning media. The implications of this research show that the proper utilization of digital technology can improve work efficiency, strengthen the technical competence of personnel, and reduce the risk of errors in foam testing. Furthermore, this application can be widely adopted to support operational safety at other airports. Therefore, FFDT has the potential to be a strategic solution in modernizing technical procedures and developing the capacity of PKP-PK personnel on an ongoing basis.*

**Keywords:** *FFDT, foam concentrate, quality testing, digital application, PKP-PK, aviation safety*

## PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir: "INOVASI APLIKASI FFDT UNTUK PENGUJIAN MUTU FOAM KONSENTRAT DI BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI-BALI" telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Diploma Tiga Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang.



Nama : I PANDE GEDE YOGI PUTRA ARKANA

NIT : 55232210034

PEMBIMBING I

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

NIP. 19781025 200003 1 001

PEMBIMBING II

SUKAHIR, S.Si.T., M.T.

NIP. 19740714 199803 1 001

KETUA PROGRAM STUDI

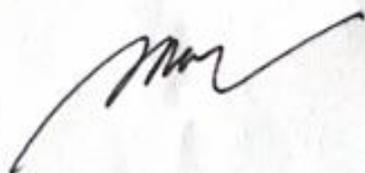
SUTIYO, S.Sos., M.Si.

NIP. 19681011 199112 1 001

## PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir: "INOVASI APLIKASI *FIRE FOAM DIGITAL TEST* (FFDT) UNTUK PENGUJIAN MUTU *FOAM* KONSENTRAT DI BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI-BALI" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan Program Diploma Tiga Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang. Tugas Akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Diploma Tiga pada tanggal 16 Juli 2025.

KETUA



Mohammad Syukri Pesilette, S. T., M.M.

Pembina Tk 1 (IV/b)

NIP. 19720908 199803 1 002

SEKRETARIS

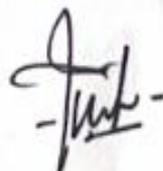


Dr. Anton Abdullah, S.T., M.M.

Pembina (IV/a)

NIP. 19781025 200003 1 001

ANGGOTA



Zusnita Hermala, S. Kom., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19781118 200502 2 001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : I Pande Gede Yogi Putra Arkana  
NIT : 55232210034  
Program Studi : Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran  
Penerbangan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “*INOVASI APLIKASI FIRE FOAM DIGITAL TEST (FFDT) UNTUK PENGUJIAN MUTU FOAM KONSENTRAT DI BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI-BALI*” 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, 20 Juli 2025

Yang Membuat Pernyataan



I Pande Gede Yogi Putra Arkana

NIT. 55232210034

## **PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir Program Dipoloma 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 Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia sebagai berikut:

Arkana, I. P. G. Y. P. (2025): INOVASI APLIKASI *FIRE FOAM DIGITAL TEST* (FFDT) UNTUK PENGUJIAN MUTU *FOAM* KONSENTRAT DI BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI-BALI, Tugas Akhir Program Diploma Tiga, Politeknik Penerbangan Palembang.

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

*Dipersembahkan kepada*

*Ayahanda I Pande Ketut Budiarta, Ibunda Hernawati, Adik I Pande Made Miko  
Tusta Artha, Kekasih Putu Ghauria Melati Sayesvari dan Keluarga Besar*

## KATA PENGANTAR

**Om Swastyastu**, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Inovasi Aplikasi FFDT untuk Pengujian Mutu *Foam* Konsentrat di Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai – Bali” dengan baik dan tepat waktu.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi Diploma Tiga di Politeknik Penerbangan Palembang dan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.) dalam bidang keselamatan penerbangan. Penelitian ini diangkat sebagai bentuk kontribusi penulis dalam menjawab tantangan di bidang penerbangan, khususnya dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pengujian mutu foam konsentrat pemadam kebakaran.

Penyusunan laporan ini tentu tidak terlepas dari bantuan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak yang telah berperan penting selama proses penelitian hingga penyusunan laporan akhir ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ida Sang Hyang Widhi Wasa, yang telah memberikan anugerah, rahmat, dan perlindungan-Nya kepada hamba, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Orang tua tercinta atas restu, doa, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan lancar.
3. Direktur Politeknik Penerbangan Palembang Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si.
4. Bapak SUTIYO, S.Sos., M.Si. selaku Ketua program studi Penyelamatan dan Pemadam Kebakaran Penerbangan.
5. Bapak Dr. Anton Abdullah, S.T., M.M selaku Pembimbing 1.

6. Bapak Sukahir, S.SI.T., M.T. selaku Pembimbing 2.
7. Bapak Ahmad Syaugi Shahab, selaku *General Manager* (GM) Bandar udara I Gusti Ngurah Rai Bali.
8. Bapak Sulistiyanto selaku unit *Airport Rescue and Fire Fighting Department Head* Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai Bali.
9. Bapak I Made Evong Yudana selaku *Training Standard and Supervisor* unit *Airport Rescue and Fire Fighting* Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai Bali.
10. Seluruh rekan-rekan Taruna PPKP 03 Politeknik Penerbangan Palembang.
11. Kekasih saya tercinta Putu Ghauria Melati Sayesvari yang selalu memberikan dukungan dan cintanya kepada penulis.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap masukan, kritik, dan saran yang membangun dari berbagai pihak guna penyempurnaan di masa mendatang. Penulis juga berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan, terutama bagi personel ARFF di seluruh Indonesia.

**Om Santih, Santih, Santih, Om.**

Palembang, 16 Juli 2025



**I PANDE GEDE YOGI PUTRA ARKANA**

**NIT.55232210034**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN PENGUJI .....</b>	<b>vi</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	7
1. Manfaat Teoritis .....	7
2. Manfaat Praktis .....	7
F. Sistematika Penulisan.....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
A. Landasan Teori.....	9
1. Personel PKP-PK .....	9
2. Aplikasi .....	11
3. Pengujian Bahan Pemadam.....	13
B. Kajian Penelitian Terdahulu.....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
A. Desain Penelitian.....	19
1. <i>Requirement</i> (Kebutuhan) .....	20
2. <i>Design</i> (Perancangan) .....	20

3.	<i>Implementation</i> (Implementasi/Pengkodean).....	22
4.	<i>Verification</i> (Verifikasi/Pengujian).....	22
5.	<i>Maintenance</i> (Pemeliharaan) .....	24
B.	Komponen Alat .....	24
C.	Teknik Pengumpulan Data.....	25
D.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	28
1.	Tempat Penelitian.....	28
2.	Waktu Penelitian .....	29
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
A.	Hasil Penulisan.....	30
1.	Tahap <i>Requirement</i> (Kebutuhan).....	30
2.	Tahap <i>Design</i> (Perancangan) .....	31
3.	Tahap <i>Implementation</i> (Implementasi/Pengkodean).....	41
4.	Tahap <i>Verification</i> (Verifikasi/Pengujian).....	50
5.	Tahap <i>Maintenance</i> (Pemeliharaan) .....	55
B.	Pembahasan.....	56
1.	<i>Requirement</i> (Kebutuhan) .....	56
2.	<i>Design</i> (Perancangan) .....	57
3.	<i>Implementation</i> (Implementasi/Pengkodean).....	58
4.	<i>Verification</i> (Verifikasi/Pengujian).....	58
5.	<i>Maintenance</i> (Pemeliharaan) .....	59
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>60</b>
A.	Kesimpulan .....	60
B.	Saran.....	60
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>61</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar III.1</b> Kerangka Konseptual Metode Waterfall Sumber: Wahid, 2020)	20
<b>Gambar III. 2</b> Flowchart Tahap Desain .....	21
<b>Gambar IV. 1</b> Pertanyaan Need Anlysis .....	30
<b>Gambar IV. 2</b> Hasil Persentase Need Anlysis.....	31
<b>Gambar IV. 3</b> Loading Screen.....	33
<b>Gambar IV. 4</b> Pemberitahuan Awal .....	34
<b>Gambar IV. 5</b> Panduan Penggunaan Aplikasi .....	34
<b>Gambar IV. 6</b> Menu Side bar .....	35
<b>Gambar IV. 7</b> Tampilan Regulasi.....	35
<b>Gambar IV. 8</b> Tampilan Prosedur Pengujian .....	36
<b>Gambar IV. 9</b> Tampilan About Developer .....	36
<b>Gambar IV. 10</b> Tahap Pertama Digital Test.....	37
<b>Gambar IV. 11</b> Tahap Kedua Digital Test .....	38
<b>Gambar IV. 12</b> Tahap Hasil Digital Test .....	39
<b>Gambar IV. 13</b> Diagram <i>Block</i> Perancangan Aplikasi FFDT .....	39
<b>Gambar IV. 14</b> Flowchart Cara Kerja Aplikasi FFDT .....	41
<b>Gambar IV. 15</b> Tampilan Loading Screen .....	43
<b>Gambar IV. 16</b> Block Programming Tampilan Loading Screen.....	43
<b>Gambar IV. 17</b> Tampilan Pemberitahuan.....	43
<b>Gambar IV. 18</b> Block Programming Tampilan Pemberitahuan.....	43
<b>Gambar IV. 19</b> Tampilan Panduan Penggunaan .....	44
<b>Gambar IV. 20</b> Block Programming Tampilan Panduan Penggunaan.....	44
<b>Gambar IV. 21</b> Tampilan Menu .....	44
<b>Gambar IV. 22</b> Block Programming Tampilan Menu.....	44
<b>Gambar IV. 23</b> Tampilan Regulasi.....	45
<b>Gambar IV. 24</b> Block programming Tampilan Regulasi .....	45
<b>Gambar IV. 25</b> Tampilan Prosedur .....	45
<b>Gambar IV. 26</b> Block Programming Tampilan Prosedur.....	45
<b>Gambar IV. 27</b> Tampilan Uji Ph .....	46
<b>Gambar IV. 28</b> Block Programming Tampilan Uji Ph.....	46
<b>Gambar IV. 29</b> Tampilan Uji Expansion Ratio dan Drainage Time .....	46
<b>Gambar IV. 30</b> Block Programming Tampilan Uji Expansion Ratio dan Drainage Time .....	46
<b>Gambar IV. 31</b> Tampilan Uji Drainage Time .....	47
<b>Gambar IV. 32</b> Block Programming Tampilan Uji Drainage Time.....	47
<b>Gambar IV. 33</b> Tampilan Stopwatch.....	47
<b>Gambar IV. 34</b> Block Programming Tampilan Stopwatch .....	47
<b>Gambar IV. 35</b> Tampilan Hasil .....	48
<b>Gambar IV. 36</b> Block Programming Tampilan Hasil .....	48
<b>Gambar IV. 37</b> Tampilan Result History .....	48

<b>Gambar IV. 38</b> Block Programming Tampilan Result History.....	48
<b>Gambar IV. 39</b> Tampilan About Developer.....	49
<b>Gambar IV. 40</b> Block Programming Tampilan About Developer .....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II. 1</b> Kebutuhan Cadangan Foam (Sumber PR 30 Tahun 2022).....	14
<b>Tabel II. 2</b> Pengganti Kebutuhan Air pada Bandar Udara Kategori 1 sampai dengan 3 (Sumber PR 30 Tahun 2022).....	15
<b>Tabel II. 3</b> Kebutuhan Cadangan Foam (Sumber PR 30 Tahun 2022).....	16
<b>Tabel III. 1</b> Klasifikasi Berdasarkan Rata Skor Ahli Media.....	26
<b>Tabel III. 2</b> Kriteria Kelayakan Penskoran (Herowati & Azizah, 2019).....	26
<b>Tabel III. 3</b> Ukuran Penilaian Skala Likert (Widad Faizah, 2018).....	27
<b>Tabel III. 4</b> Kriteria Interpresentasi Kelayakan .....	28
<b>Tabel III. 5</b> Waktu Kegiatan Penelitian .....	29
<b>Tabel IV. 1</b> Tabel Spesifikasi Aplikasi .....	32
<b>Tabel IV. 2</b> Pertanyaan Validasi Kelayakan Aplikasi.....	50
<b>Tabel IV. 3</b> Hasil Validator Ahli Media.....	51
<b>Tabel IV. 4</b> Pertanyaan Validator Kelayakan Materi Industri .....	52
<b>Tabel IV. 5</b> Hasil Validator Ahli Materi Industri.....	53
<b>Tabel IV. 6</b> Pertanyaan Validator Kelayakan Materi Akademisi.....	53
<b>Tabel IV. 7</b> Hasil Validator Ahli Materi Akademisi.....	54

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Bandar udara termasuk didalam kategori infrastruktur vital guna menunjang mobilitas dan konektivitas wilayah dan didalam sistem transportasi udara yang berfungsi digunakan untuk mendukung aktivitas penerbangan seperti keberangkatan dan pendaratan pesawat, serta pusat aktivitas penerbangan lainnya. Sebagai bagian dari sistem transportasi global, keselamatan dan keamanan di bandara menjadi prioritas utama untuk menjamin kelancaran operasional serta melindungi penumpang, awak pesawat, dan seluruh personel yang terlibat. Salah satu faktor signifikan dalam keselamatan penerbangan merupakan sistem pemadam kebakaran yang ditangani oleh unit PKP-PK.

Pengelola bandara memiliki kewajiban guna memastikan kendaraan selalu pada saat kondisi terawat melalui kegiatan pemeliharaan secara berkala dan Fasilitas teknis fasilitas pendukung operasional Unit PKP-PK perlu ditingkatkan guna mengoptimalkan kinerja operasionalnya operasi sehingga kinerja dapat dioptimalkan sesuai standar maksimum berdasarkan kategori bandar udara dalam sistem PKP-PK (Abdullah et al., 2021). Salah satu sarana utama yang dipakai didalam proses pemadaman kebakaran adalah *foam* konsentrat, yang berfungsi untuk memadamkan api yang berasal dari bahan bakar pesawat. *Foam* ini harus memenuhi standar kualitas tertentu agar dapat berfungsi secara optimal dalam situasi darurat (Bimantara et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan sistem pengujian mutu *foam* yang efektif dan efisien guna memastikan keandalannya.

*Foam* pemadam kebakaran memainkan peran penting dalam operasi penyelamatan, khususnya dalam insiden kebakaran yang melibatkan bahan bakar cair seperti avtur di bandara (Langodai & Supraptio, 2023). Penggunaan foam yang mampu menurunkan secara signifikan dampak insiden kebakaran

maupun meningkatkan keselamatan penumpang serta awak pesawat. *Foam* pemadam kebakaran dirancang untuk menciptakan permukaan penutup pada bagian permukaan bahan bakar yang terbakar, mencegah kontak dengan oksigen dan mengurangi pelepasan uap yang mudah terbakar. Hal ini tidak hanya memadamkan api dengan cepat tetapi juga mencegah kemungkinan terjadinya penyalaan kembali. Busa yang terdapat pada *foam* dapat mendinginkan api, menekan pelepasan uap, dan memisahkan bahan bakar dari oksigen, sehingga secara efektif memadamkan api dan mencegah penyalaan kembali (Subekti et al., 2018).

Pengujian mutu *foam* konsentrat yang masih dilakukan secara manual memiliki beberapa kelemahan yang dapat memengaruhi efisiensi dan akurasi hasil pengujian. Dari metode manual, personel harus membawa berbagai peralatan seperti *stopwatch*, kertas, dan alat tulis untuk mencatat hasil pengujian secara langsung. Cara ini memiliki beberapa kendala utama. Pertama, proses manual memerlukan lebih banyak waktu dan tenaga karena setiap langkah harus dilakukan secara terpisah, mulai dari pencatatan waktu, pengamatan karakteristik *foam*, hingga pendokumentasian hasil.

Hal ini dapat memperlambat keseluruhan proses pengujian, terutama jika dilakukan dalam jumlah besar atau dalam lingkungan kerja yang sibuk. Kedua, metode ini meningkatkan risiko kesalahan pencatatan (*human error*). Kesalahan dapat terjadi akibat faktor seperti keterlambatan dalam menghentikan *stopwatch*, salah mencatat angka, atau kehilangan data yang sudah dicatat di kertas. Selain itu, hasil pengujian yang tidak terdokumentasi dengan baik dapat menyulitkan analisis lebih lanjut atau membingungkan saat dilakukan evaluasi ulang.

Ketiga, penggunaan alat manual tidak selalu memberikan hasil yang konsisten. Faktor subjektif dalam pengamatan, seperti perbedaan persepsi antar petugas dalam menilai kualitas *foam*, dapat menyebabkan variasi hasil. Hal ini berpotensi menurunkan akurasi pengujian dan membuat standar kualitas menjadi kurang dapat diandalkan. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang lebih

*modern*, seperti penggunaan sistem otomatis atau digital, untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengujian mutu *foam* konsentrat.

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan suatu sistem berbasis digital yang dapat membantu meningkatkan akurasi, efisiensi, dan dokumentasi hasil pengujian *foam* konsentrat. Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan akurasi pengujian *foam* konsentrat, penelitian ini mengusulkan pengembangan Aplikasi *Fire Foam Digital Test* (FFDT). Aplikasi ini dirancang dan diperuntukan memberikan dukungan operasional untuk petugas PKP-PK dalam menjalankan prosedur uji performa mutu konsentrat busa pemadam kebakaran secara lebih sistematis, akurat, dan terdokumentasi dengan baik. Dengan sistem berbasis digital, aplikasi ini memungkinkan otomatisasi perhitungan serta pencatatan hasil pengujian secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja unit PKP-PK di bandar udara.

FFDT akan mencakup parameter-parameter utama dalam pengujian *foam* konsentrat, seperti derajat keasaman (pH), *expansion ratio*, dan *drainage time*. Ketiga parameter ini merupakan faktor krusial dalam menentukan kualitas *foam* konsentrat yang digunakan dalam pemadaman kebakaran di bandara. Dengan adanya aplikasi ini, personel PKP-PK dapat dengan mudah mengukur, mencatat, dan menganalisis hasil pengujian mengacu pada ketentuan teknis yang berlaku dan ditetapkan dalam aturan keselamatan dalam penerbangan sipil serta standar yang telah ditentukan oleh Direktorat Jenderal di Lingkup Kementerian Perhubungan Bidang Udara. Salah satu alasan utama penelitian ini dilakukan adalah untuk meningkatkan akurasi dalam pengujian *foam* konsentrat. Kesalahan dalam pengujian dapat berakibat fatal dalam situasi darurat, di mana *foam* yang tidak memenuhi standar dapat mengurangi efektivitas pemadaman kebakaran. Oleh karena itu, dengan digitalisasi proses pengujian melalui FFDT, diharapkan hasil pengujian dapat lebih efisien dan akurat.

Selain aspek akurasi, efisiensi waktu dan alat juga menjadi faktor penting dalam penelitian ini. Dengan penggunaan FFDT, proses pengujian dapat dilakukan

lebih cepat dan mudah, sehingga unit PKP-PK dapat lebih fokus pada aspek lain dari keselamatan penerbangan. Kemudahan dalam dokumentasi dan pelaporan hasil pengujian juga menjadi alasan kuat dalam penelitian ini. Dan untuk efisiensi alat tidak perlu lagi membawa *stopwatch* untuk melakukan pengujian mutu *foam*. Dalam sistem manual, pencatatan sering kali dilakukan secara konvensional, seperti di buku atau lembar kerja yang rentan hilang atau rusak. FFDT memungkinkan penyimpanan data secara digital, sehingga memudahkan pelacakan dan analisis data dari waktu ke waktu, serta mempermudah pelaporan kepada pihak terkait.

Dengan adanya fitur panduan dan referensi terkait standar pengujian *foam* konsentrat, aplikasi ini dapat meningkatkan pemahaman personel terhadap prosedur pengujian yang benar. Penting untuk memastikan bahwa setiap anggota PKP-PK memiliki pemahaman yang seragam tentang standar keselamatan yang perlu diterapkan. Dari perspektif regulasi, pengujian *foam* konsentrat wajib mengikuti ketentuan yang telah ditetapkan oleh otoritas pemerintah serta organisasi penerbangan internasional. Dengan menggunakan FFDT, hasil pengujian dapat dengan mudah disesuaikan dengan standar yang berlaku, serta dapat dipantau dan diaudit oleh pihak yang berwenang untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan penerbangan.

Pengembangan aplikasi ini juga memiliki manfaat dalam jangka panjang, terutama dalam perawatan dan pengelolaan fasilitas keselamatan di bandar udara. Dengan adanya data yang terdokumentasi dengan baik, pihak manajemen dapat melakukan evaluasi berkala terhadap kualitas *foam* konsentrat yang digunakan, serta mengidentifikasi potensi perbaikan dalam sistem pemadam kebakaran. Selain itu, implementasi FFDT dapat mendukung konsep digitalisasi dalam dunia penerbangan. Seiring dengan perkembangan teknologi, industri penerbangan semakin beralih ke sistem berbasis digital untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi. Oleh karena itu, FFDT dapat menjadi bagian dari upaya modernisasi dalam sistem keselamatan penerbangan di Indonesia.

Fenomena *gap* penelitian ini yaitu pengujian mutu *foam* konsentrat yang masih dilakukan secara manual menimbulkan berbagai kelemahan, seperti ketidakakuratan hasil pengujian akibat *human error*, kecepatan proses yang lambat, dan risiko kehilangan data akibat pencatatan konvensional. Studi ini juga dapat dijadikan acuan bagi penerapan sistem sejenis pada bidang lainnya yang memerlukan pengujian kualitas secara berkala dan terdokumentasi dengan baik. Dengan berbagai alasan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Aplikasi FFDT yang dapat meningkatkan kualitas, efisiensi, dan keandalan pelaksanaan uji *foam* konsentrat di lingkungan bandar udara. Harapannya, aplikasi ini memungkinkan untuk menjadi solusi yang inovatif dan bermanfaat bagi unit PKP-PK serta meningkatkan keselamatan penerbangan secara keseluruhan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada bidang keselamatan penerbangan tetapi juga membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut dalam digitalisasi sistem pemadam kebakaran di lingkungan bandara. Melalui penelitian ini, diharapkan FFDT dapat diimplementasikan secara luas dan memberikan dampak positif bagi keselamatan dan efisiensi operasional di industri penerbangan.

## **B. Rumusan Masalah**

Merujuk pada uraian latar belakang sebelumnya, fokus permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang aplikasi perhitungan hasil pengujian *foam* konsentrat sebagai sarana untuk mempermudah personel PKP-PK dalam pengujian mutu *foam* konsentrat di bandara?

## **C. Batasan Masalah**

Guna menjaga pengkajian pada penelitian ini tetap terarah dan tidak meluas ke aspek-aspek yang kurang relevan, maka fokus utama dalam penelitian ini adalah pada aspek-aspek spesifik yang relevan dengan pengembangan dan penerapan aplikasi FFDT selama pelaksanaan uji mutu *foam* konsentrat di area bandar udara. Fokus studi ini mencakup:

1. Pengembangan Aplikasi *Fire Foam Digital Test* (FFDT) berbasis *website* yang dirancang untuk mengukur beberapa parameter utama dalam uji mutu

*foam* konsentrat, yaitu derajat keasaman (pH), *expansion ratio*, dan *drainage time*. Pengukuran ini akan disesuaikan mengacu pada pedoman teknis dan operasional yang berlaku sebagaimana diatur dalam Permenhub Nomor 30 Tahun 2022 berkaitan dengan ketentuan dari sisi teknis maupun pelaksanaan operasional dalam regulasi keselamatan penerbangan sipil, serta Regulasi Dirjen Perhubungan Udara Nomor KP 605 Tahun 2015 mengenai Panduan teknis terkait evaluasi dan pengujian kinerja sarana layanan kedaruratan.

2. Data dalam kajian ini dihimpun dari unit petugas PKP-PK yang beroperasi di lingkungan Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai (Denpasar – Bali), yang memiliki peran penting dalam proses pengujian *foam* konsentrat. Data yang dikumpulkan mencakup prosedur operasional standar (SOP) yang diterapkan dalam pengujian *foam*, kebutuhan teknis yang harus dipenuhi dalam proses tersebut, serta berbagai kendala yang dihadapi oleh personel dalam pelaksanaan pengujian *foam* secara manual maupun digital. Dengan fokus yang lebih spesifik ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan kajian yang lebih mendalam mengenai efektivitas aplikasi FFDT, serta bagaimana aplikasi ini dapat berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pengujian *foam* konsentrat bagi personel tim PKP-PK yang bertugas di lingkungan bandar udara.

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

Sebagaimana telah dijelaskan dalam rumusan masalah, fokus dari penelitian ini adalah untuk merancang aplikasi FFDT sebagai perhitungan hasil pengujian *foam* konsentrat sebagai sarana untuk mempermudah personel PKP-PK dalam pengujian mutu *foam* konsentrat di bandara. Dengan adanya studi ini, diharapkan aplikasi FFDT dapat menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan standar keselamatan penerbangan melalui optimalisasi sistem pengujian *foam* konsentrat.

## **E. Manfaat Penelitian**

Studi ini bertujuan untuk memberikan manfaat yang relevan, yang dijabarkan dalam poin-poin berikut:

### **1. Manfaat Teoritis**

- a. Menambahnya wawasan dan referensi ilmiah mengenai penggunaan teknologi digital dalam pengujian *foam* konsentrat, khususnya dalam pengembangan aplikasi berbasis *website* untuk mendukung tugas personel PKP-PK di bandara.
- b. Menyediakan dasar teori bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sistem digitalisasi dalam proses pengujian bahan keselamatan penerbangan.

### **2. Manfaat Praktis**

- a. Bagi anggota unit PKP-PK: Memudahkan didalam proses penilaian mutu *foam* konsentrat dengan memanfaatkan panduan digital serta fitur perhitungan otomatis yang lebih akurat dan efisien.
- b. Bagi Manajemen Bandara: Membantu dalam meningkatkan standar keselamatan penerbangan dengan menyediakan sistem pengujian *foam* konsentrat yang lebih sistematis, terdokumentasi, dan sesuai dengan regulasi yang berlaku.
- c. Bagi Peneliti Lain: Menjadi referensi bagi pengembangan sistem *digital* lainnya dalam bidang keselamatan layanan transportasi udara dan fasilitas proteksi kebakaran di kawasan bandara.

Dengan adanya studi ini, diharapkan Aplikasi *Fire Foam Digital Test* (FFDT) dapat menjadi bagian dari solusi nyata guna menunjang peningkatan efektivitas penilaian mutu *foam* konsentrat serta mendukung implementasi standar keselamatan penerbangan yang lebih baik.

## **F. Sistematika Penulisan**

Kajian ini disusun dengan urutan sistematika yang tercantum sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bagian ini akan membahas dasar pemikiran penelitian, rumusan permasalahan, batasan masalah, fokus utama penelitian, manfaat penelitian, beserta struktur penyusunan laporan ini yang diterapkan dalam penelitian ini.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bagian ini mencakup kerangka teoritik yang mendukung penelitian, termasuk konsep dasar yang diterapkan, teori-teori pendukung, serta tinjauan terhadap penelitian sebelumnya yang relevan dengan pembahasan utama.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bagian ini menguraikan metode yang digunakan dalam penelitian, mencakup tahapan perancangan dan pengembangan sistem, serta proses pembuatan dan penerapan aplikasi yang menjadi inti dari penelitian ini.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisikan temuan-temuan yang berhubungan dengan variabel penelitian dan sasaran studi TA serta pendalaman analitis atas temuan yang telah didapatkan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan Kesimpulan umum dari hasil dan pembahasan disusun untuk menjawab tujuan yang telah dirumuskan pada Bab Pendahuluan, serta merujuk pada hasil analisis dan diskusi sebagaimana Merujuk pada penjabaran sebelumnya, selain hal tersebut, disampaikan pula saran-saran yang bersifat konstruktif sebagai rekomendasi untuk perbaikan maupun pengembangan pada aspek-aspek terkait hal yang lain dan perlu ditinjau secara lebih rinci.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

Merupakan bagian dalam penelitian yang berisi konsep, teori, dan kerangka berpikir yang digunakan sebagai dasar dalam menganalisis permasalahan yang dikaji. Landasan teori membantu memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai topik penelitian serta menjadi acuan dalam pengembangan solusi yang diusulkan. Dalam studi ini, beberapa teori yang relevan antara lain:

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

Unit layanan darurat kebakaran dan kecelakaan penerbangan (PKP-PK) adalah satuan kerja yang bertanggung jawab dalam upaya mengatasi situasi krusial di bandara. Unit ini memiliki kelengkapan berupa berbagai fasilitas, termasuk dalam rangka kesiapsiagaan darurat, setiap bandara didukung oleh fasilitas operasional, unit kendaraan khusus, serta personel PKP-PK yang standby untuk merespons kecelakaan udara dan peristiwa kebakaran (Nugraha et al., 2021). Mereka berperan sebagai unit pertama yang merespons insiden yang dapat membahayakan keselamatan pesawat, awak kabin, penumpang, maupun fasilitas bandara. Menurut Salim et al., (2021) setiap anggota PKP-PK berkewajiban untuk memiliki sertifikasi sesuai ketentuan yang berlaku sebagai persyaratan yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Selain itu, personel PKP-PK juga memiliki tanggung jawab dalam melakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi risiko kecelakaan dan kebakaran di lingkungan bandara.

Sebagai tim yang memiliki peran vital dalam keselamatan penerbangan, personel PKP-PK bertanggung jawab untuk menangani berbagai situasi darurat dengan cepat dan efektif. Mereka adalah tenaga operasional yang memiliki pelatihan khusus terkait upaya penanggulangan kebakaran dan prosedur penyelamatan. Selain terlatih dalam memadamkan api dan menyelamatkan korban dari kebakaran, para petugas juga dilatih untuk

menyelamatkan korban dari kecelakaan pesawat, gedung yang runtuh, dan kejadian-kejadian darurat lainnya (Rivai, 2014).

Dalam aspek pemadaman kebakaran, personel PKP-PK bertanggung jawab atas pencegahan serta penanggulangan kebakaran yang terjadi di bandara. Mereka harus dapat mengoperasikan kendaraan pemadam kebakaran yang telah dilengkapi dengan *foam* konsentrat, air, serta bahan kimia lainnya yang digunakan untuk memadamkan api dengan cepat dan efektif. Selain itu, mereka juga perlu memastikan bahwa seluruh fasilitas pemadam kebakaran di bandara selalu dalam kondisi siap pakai dan sesuai standar keselamatan penerbangan.

Selain menangani keadaan darurat, personel PKP-PK juga memiliki kewajiban dalam memastikan efektivitas dan kualitas peralatan yang mereka gunakan. Pemeliharaan infrastruktur bandara merupakan aspek krusial yang harus dilakukan oleh pihak operator guna menjamin kelancaran seluruh aktivitas yang dilaksanakan di area bandara. Manajemen bandar udara wajib dijalankan sesuai dengan prinsip-prinsip dasar manajerial yang mencakup efektivitas, efisiensi, dan keandalan, sehingga kualitasnya dapat memenuhi standar internasional (Kharisma Sevi Nur Safitri & Rahimudin, 2022), Salah satu kegiatan penting dalam pemeliharaan adalah pengujian mutu *foam* pemadam kebakaran. *Foam* ini merupakan komponen utama yang digunakan dalam upaya pemadaman kebakaran di bandara, khususnya untuk menangani kebakaran yang dipicu oleh bahan bakar pesawat. Oleh karena itu, personel PKP-PK bertugas melakukan uji mutu *foam* secara berkala untuk memastikan bahwa bahan pemadam.

Merujuk pada uraian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa satuan PKP-PK memiliki kontribusi vital dalam mendukung upaya keselamatan penerbangan di lingkungan bandar udara di bandara. Personel PKP-PK bertanggung jawab atas penanganan kecelakaan pesawat, pemadaman kebakaran, serta penanganan bahan berbahaya. Selain itu, mereka juga melakukan pengujian mutu *foam* konsentrat secara berkala yang tertera

sesuai peraturan guna memastikan efektivitasnya dalam situasi darurat dan nantinya akan menjadi *user* aplikasi dalam penelitian ini.

## 2. Aplikasi

Aplikasi merupakan sistem perangkat lunak yang bertujuan menjalankan aktivitas spesifik pada perangkat teknologi seperti komputer maupun *tablet*, maupun *smartphone*. Dalam dunia teknologi informasi, aplikasi memiliki peran penting dalam mempermudah berbagai aktivitas manusia, baik dalam bidang komunikasi, bisnis, pendidikan, kesehatan, maupun hiburan.

### a. Definisi Aplikasi

Menurut Pressman (2015), aplikasi merupakan sekumpulan *software* yang dibuat untuk menyelesaikan tugas tertentu dan dirancang agar mudah digunakan oleh pengguna melalui antarmuka yang *user-friendly*. Sementara itu, Sommerville (2011) menjelaskan bahwa aplikasi merupakan program yang dibuat dengan tujuan tertentu dan dapat berjalan pada berbagai *platform*, seperti *desktop*, *web*, atau *mobile*.

### b. Jenis-Jenis Aplikasi

Aplikasi dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan fungsinya, di antaranya:

- 1) Aplikasi *Desktop*: Aplikasi desktop merupakan perangkat lunak yang dapat beroperasi secara mandiri dan dijalankan di komputer desktop atau laptop (Bustamin, 2021). seperti perangkat lunak pengolah dokumen dan desain grafis.
- 2) Aplikasi *Web*: Perangkat lunak web merupakan salah satu *platform* yang paling sering digunakan dimanfaatkan guna menyajikan data dan fasilitas layana secara *online* melalui jaringan Internet (Hilmi & Yunan, 2022), seperti *Google Docs* dan *Gmail*.
- 3) Aplikasi *Mobile*: Aplikasi yang dikembangkan untuk perangkat seluler dan Salah satu faktor penting dalam pengembangan aplikasi *mobile* adalah tampilan antarmuka (*user interface/UI*) serta pengalaman pengguna (*user experience*) (Hidayat et al., 2023),

seperti *WhatsApp* dan *Instagram*. Menurut (Julianti, 2024), perkembangan aplikasi *mobile* semakin pesat seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna *smartphone* di dunia. Hal ini mendorong pengembang untuk menciptakan aplikasi yang lebih inovatif dan responsif terhadap kebutuhan pengguna.

c. Teknologi Pengembangan Aplikasi

Dalam proses pengembangan aplikasi, berbagai teknologi digunakan untuk menciptakan sistem yang efisien dan *user-friendly*. Menurut (M. Husaini, 2014), teknologi pengembangan aplikasi meliputi:

- 1) Bahasa Pemrograman: *Java*, *Kotlin*, *Swift*, *Python*, dan *JavaScript* sering digunakan untuk membangun aplikasi *mobile* maupun *web*.
- 2) *Framework* dan *Platform*: *React Native*, *Flutter*, dan *Kodular* digunakan untuk mempercepat proses pengembangan aplikasi.
- 3) *Database*: *Database* merupakan himpunan data yang terorganisir dan saling terkait serta mudah diperoleh. Dengan memanfaatkan Sistem Manajemen Basis Data (DBMS), perusahaan dapat menyimpan dan mengakses informasi secara efisien (Wali et al., 2022), seperti *MySQL*, *Firebase*, dan *PostgreSQL* digunakan untuk menyimpan dan mengelola data pengguna.

Sebagai kesimpulan, aplikasi adalah *software* yang dibuat untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaan dengan cara yang lebih efisien. Aplikasi dapat berbentuk *desktop*, *web*, atau *mobile*, dengan berbagai teknologi pendukung, seperti bahasa pemrograman, *framework*, dan *database*. Perkembangan teknologi telah memungkinkan pembuatan aplikasi yang lebih inovatif, intuitif, dan berbasis *cloud*, sehingga dapat diakses dari berbagai perangkat.

Salah satu aplikasi yang dapat diterapkan dalam konteks PKP-PK adalah *Fire Foam Digital Test* (FFDT). Aplikasi ini dirancang dengan *Platform Kodular* untuk mendigitalisasi proses pengujian mutu foam

pemadam kebakaran, menggantikan sistem pencatatan manual yang berisiko mengalami kesalahan dan inefisiensi. Dengan FFD, personel PKP-PK dapat mencatat hasil uji mutu *foam* secara *real-time*, mengotomatiskan perhitungan parameter seperti pH, *expansion ratio*, dan *drainage time*, serta menyimpan data dalam sistem yang terintegrasi.

### 3. Pengujian Bahan Pemadam

Dalam Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara PR 30 Tahun 2022 (2022), dijelaskan bahwa setiap penyelenggara bandar udara diwajibkan menyediakan bahan pemadam sesuai dengan kategori PKP-PK. Bahan pemadam ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan pemadam utama yang mencakup air dan *foam* konsentrat mutu B atau C sesuai spesifikasi kendaraan serta bahan pemadam pelengkap seperti karbondioksida, bubuk kimia kering untuk kebakaran hidrokarbon, dan bahan lain yang sesuai dengan perkembangan teknologi.

*Foam* konsentrat yang digunakan harus memenuhi standar teknis tertentu, termasuk memiliki dokumen MSDS, kompatibel dengan bahan pemadam lainnya, serta memiliki karakteristik fisik seperti pH 6–8,5, kekentalan maksimal 200 mm<sup>2</sup>/s, dan tidak merusak lingkungan. Selain itu, bahan pemadam pelengkap wajib memenuhi standar ISO 7202 dan dapat digunakan bersama bahan utama tanpa mengurangi efektivitas. Penyelenggara juga harus memastikan jumlah bahan pemadam sesuai dengan kategori layanan PKP-PK dan spesifikasi kendaraan pemadam di bandara. Kebutuhan minimum bahan pemadam yang harus disediakan dalam kendaraan PKP-PK di bandar udara disajikan pada tabel berikut, sesuai dengan klasifikasi kategori PKP-PK:

**Tabel II. 1** Kebutuhan Cadangan *Foam* (Sumber PR 30 Tahun 2022)

Kategori PKP-PK	Kinerja Campuran Foam Mutu B		Kinerja Campuran Foam Mutu C		Pemadam Pelengkap	
	Kebutuhan air untuk memproduksi busa (liter)	Rata-rata pancaran busa (liter/menit)	Kebutuhan air untuk memproduksi busa (liter)	Rata-rata pancaran busa (liter/menit)	Dry chemical powder (kg)	Discharge rate (kg/detik)
1	230	230	160	160	145	2,25
2	670	550	460	360	190	2,25
3	1.200	900	820	630	135	2,25
4	2.400	1.800	1.700	1.100	135	2,25
5	5.400	3.000	3.900	2.200	180	2,25
6	7.900	4.000	5.800	2.900	225	2,25
7	12.100	5.300	8.800	3.800	225	2,25
8	18.200	7.200	12.800	5.100	450	4,5
9	24.300	9.000	17.100	6.300	450	4,5
10	32.200	11.200	22.800	7.900	450	4,5

Laju pancaran busa (*discharge rate*) yang dihasilkan oleh sistem pemadam kebakaran di kendaraan *Foam Tender* wajib memenuhi standar minimum yang telah ditetapkan, yakni tidak boleh lebih rendah dari nilai yang tercantum dalam Tabel II.1. Selain itu, volume *foam* konsentrat yang tersedia di dalam kendaraan tersebut harus disesuaikan secara proporsional dengan kapasitas tangki air dan jenis *foam* yang digunakan untuk memastikan efektivitas dalam proses produksi busa.

Kendaraan *Foam Tender* juga harus memuat jumlah *foam* konsentrat yang mencukupi untuk mendukung setidaknya dua siklus operasi pemadaman PKP-PK secara penuh, atau minimal sebesar 12% dari total kapasitas tangki air kendaraan. Khusus untuk bandar udara yang dikategorikan dalam PKP-PK 1 hingga 3, kebutuhan total air yang digunakan dalam operasi pemadaman dapat digantikan secara menyeluruh dengan bahan pemadam pelengkap, sebagaimana ketentuan yang tertera dalam tabel panduan teknis yang berlaku:

**Tabel II. 2** Pengganti Kebutuhan Air pada Bandar Udara Kategori 1 sampai dengan 3 (Sumber PR 30 Tahun 2022)

Kategori PKP-PK Bandar Udara	Total kebutuhan bahan pemadam pelengkap (kg)	Rata-rata pancaran (kg/detik)
Kategori 1	90 Kg	2,25 kg/detik
Kategori 2	180 Kg	2,25 kg/detik
Kategori 3	270 Kg	2,25 kg/detik

Pada bandar udara yang termasuk dalam kategori PKP-PK 1 dan 2, seluruh kebutuhan air dalam operasi pemadaman kebakaran dapat digantikan sepenuhnya dengan penggunaan bahan pemadam pelengkap, sesuai ketentuan yang tertera dalam tabel sebelumnya. Di samping itu, penggunaan *foam* konsentrat dengan jenis yang sama namun dari merek berbeda tidak diperkenankan untuk dicampurkan dalam satu tangki *Foam Tender*, kecuali jika tersedia data teknis yang sah dan dapat diverifikasi yang menunjukkan bahwa kedua produk tersebut kompatibel dan tidak mempengaruhi efektivitas pemadaman.

Pengelola bandar udara juga diwajibkan untuk menyediakan cadangan bahan pemadam dengan jumlah yang memadai sesuai perhitungan kebutuhan. Secara khusus, jumlah cadangan *foam* konsentrat yang harus disediakan minimal sebesar 200% dari total kebutuhan operasional berdasarkan kategori PKP-PK masing-masing, dengan catatan bahwa penggunaan *foam proportioner* ditetapkan sebesar 6%, sebagaimana diatur dalam tabel ketentuan teknis yang berlaku:

**Tabel II. 3** Kebutuhan Cadangan *Foam* (Sumber PR 30 Tahun 2022)

Kategori PKP-PK	Kebutuhan air (liter/min)	Presentase <i>foam</i> propotioner	Ketentuan Cadangan <i>foam</i>	Kebutuhan Cadangan <i>foam</i> di <i>fire</i> <i>station</i> (liter)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e = b \times c \times d$
1	230	6%	200%	28
2	670	6%	200%	81
3	1.200	6%	200%	144
4	2.400	6%	200%	288
5	5.400	6%	200%	648
6	7.900	6%	200%	948
7	12.100	6%	200%	1.452
8	18.200	6%	200%	2.184
9	24.300	6%	200%	2.916
10	32.300	6%	200%	3.876

Dalam penyelenggaraan layanan Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK), penyediaan cadangan bahan pemadam merupakan aspek yang sangat penting. Jumlah cadangan bahan pemadam pelengkap harus disediakan paling sedikit sebesar 100% dari kebutuhan sesuai dengan kategori PKP-PK yang berlaku. Namun, untuk bandar udara dengan kategori PKP-PK 1 dan 2, jumlah ini ditingkatkan menjadi paling sedikit 200%. Selain itu, gas pendorong wajib disediakan minimal 100%, dan air harus tersedia sekurang-kurangnya 400% dari kebutuhan yang telah ditentukan berdasarkan kategori PKP-PK.

Penyimpanan cadangan bahan pemadam seperti *foam* konsentrat, bahan pelengkap, dan gas pendorong harus memenuhi standar tertentu, seperti ditempatkan di *fire station* yang terlindung dari sinar matahari dan hujan, memiliki sirkulasi udara yang memadai, serta tidak dicampur dengan bahan lain. Untuk cadangan air, penyimpanan harus dilengkapi dengan instalasi

pengisian air ke *Foam Tender* dan kendaraan pendukung lainnya, serta diletakkan di lokasi yang strategis dan mudah dijangkau dari *fire station*.

Pengujian kualitas *foam* konsentrat yang telah digunakan dalam *Foam Tender* wajib dilakukan secara berkala, yaitu setiap enam bulan oleh penyelenggara bandar udara dan setiap tahun oleh Direktorat atau jika diperlukan. Pengujian ini mencakup parameter seperti pH, rasio pengembangan busa (*expansion ratio*), dan waktu pencairan (*drainage time*). Prosedur pengujian wajib mengikuti pedoman teknis yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan pemadam tidak lagi memenuhi standar, maka bahan tersebut wajib diganti. Pengadaan *foam* konsentrat juga harus memperhatikan masa kadaluarsa maksimal delapan tahun sejak tanggal produksi, serta dilengkapi dengan dokumen *Material Safety Data Sheet* (MSDS) dan *Certificate of Analysis* (CoA) yang memuat parameter teknis sesuai ketentuan.

Dari seluruh ketentuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengujian mutu *foam* konsentrat merupakan aspek krusial dalam memastikan efektivitas layanan PKP-PK di bandar udara, dengan tiga parameter utama yang diuji yaitu pH, rasio ekspansi, dan waktu drainase. Pengujian ini wajib dilakukan secara berkala oleh operator setiap enam bulan dan oleh Direktorat setidaknya setahun sekali. Namun, metode manual yang masih digunakan kerap menghadapi kendala seperti alat terpisah, pencatatan manual, dan potensi kesalahan hasil. Untuk menjawab tantangan tersebut, saya mengembangkan aplikasi FFDT sebagai solusi digital terintegrasi yang mendukung pengujian lebih akurat, efisien, dan terdokumentasi. FFDT memungkinkan pencatatan data otomatis, pelaporan langsung ke otoritas, serta meminimalkan kesalahan, sehingga mendukung peningkatan kepatuhan terhadap regulasi dan modernisasi sistem keselamatan di bandar udara.

## B. Kajian Penelitian Terdahulu

Kajian penelitian sebelumnya adalah analisis terhadap studi-studi terdahulu yang telah dilakukan dan memiliki kaitan dengan riset yang sedang berjalan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perkembangan riset dalam bidang terkait, menemukan celah penelitian (*research gap*), serta memberikan dasar yang kuat dalam pengembangan Aplikasi FFDT. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini:

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Fokus Penelitian	Metode / Teknologi	Kelemahan / Gap	Relevansi dengan Penelitian Saat Ini
1	(Sintiawan et al., 2022)	Analisis Kapasitas Pelat Beton Ringan Menggunakan Aplikasi MIDAS FEA	Analisis kekuatan pelat beton ringan menggunakan simulasi FEM	Eksperimen laboratorium & aplikasi MIDAS FEA	Aplikasi simulasi masih terbatas dalam mendeteksi parameter material secara akurat	Penelitian ini menunjukkan pentingnya validasi data antara aplikasi dan hasil aktual, yang juga dibutuhkan dalam inovasi FFDT untuk memastikan hasil digital sesuai dengan kondisi lapangan
2	(Diana Ermawati et al., 2022)	Pendampingan Pembuatan Aplikasi MAT JOYO	Pengembangan aplikasi edukatif matematika untuk guru SD	Pelatihan, pembuatan game edukasi, dan uji coba siswa	Aplikasi hanya terbatas untuk edukasi matematika dan belum menyentuh bidang teknis seperti uji mutu foam	Memberikan inspirasi dalam pengembangan aplikasi berbasis edukasi yang diterapkan pada pengujian teknis melalui FFDT
3	(Sinlae et al., 2024)	Pengenalan Pemrograman Web dengan PHP dan MySQL	Pembuatan aplikasi web sederhana menggunakan PHP-MySQL	Tutorial konsep dasar dan implementasi database aplikasi	Hanya fokus pada pemahaman teknis dasar pemrograman, belum menyentuh aplikasi berbasis pengujian lapangan	Menjadi dasar teknis dalam pengembangan aplikasi FFDT berbasis PHP dan database pengujian foam