

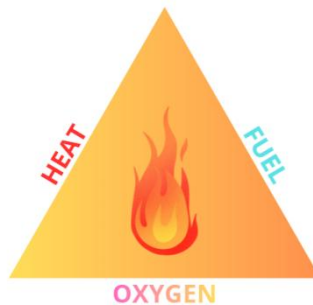
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Penunjang

1. Keselamatan Kebakaran

Dalam Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, menetapkan bahwa setiap tempat kerja harus memenuhi persyaratan keselamatan kerja guna mencegah dan mengurangi kecelakaan, mencegah kebakaran, mengurangi bahaya peledakan, memberikan kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu terjadi kebakaran atau kejadian berbahaya lainnya, serta menyediakan alat-alat perlindungan diri yang diperlukan bagi pekerja. Kebakaran merupakan peristiwa nyala api di tempat yang tidak diinginkan dan dapat membahayakan karena sulit dikendalikan (Komalasari et al, 2024). Nyala api dapat terjadi diakibatkan reaksi kimia antara bahan bakar, oksigen, dan sumber panas yang disebut segitiga api. Peristiwa ini dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan, fasilitas dan membahayakan keselamatan manusia.



Gambar II. 1 Segitiga Api

Sumber : Dokumentasi pribadi peneliti

Kebakaran merupakan salah satu risiko yang dapat menimbulkan kerugian besar baik dari segi keselamatan manusia, kerusakan fasilitas, maupun gangguan terhadap operasional suatu bangunan. Secara umum, keselamatan kebakaran merupakan upaya sistematis dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kebakaran, mengurangi dampak yang ditimbulkan, serta menjamin keselamatan jiwa, aset, dan lingkungan. Dalam standar NFPA, keselamatan kebakaran mencakup serangkaian tindakan yang meliputi pencegahan kebakaran, proteksi aktif dan pasif, serta kesiapsiagaan dalam menghadapi kondisi darurat. Sistem proteksi kebakaran aktif merupakan sistem yang memerlukan tindakan atau aktivasi

tertentu untuk bekerja, seperti sistem deteksi kebakaran, alarm kebakaran, sistem *sprinkler*, serta Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Sementara itu, sistem proteksi kebakaran pasif berkaitan dengan desain dan konstruksi bangunan yang bertujuan untuk membatasi penyebaran api dan asap apabila terjadi kebakaran. Menurut *NFPA 101 Life Safety Code*, penerapan sistem proteksi kebakaran harus mempertimbangkan faktor keselamatan penghuni bangunan serta kemampuan sistem dalam mengendalikan kebakaran pada tahap awal. Dalam upaya mencapai sistem proteksi kebakaran yang lebih efektif, pemilihan jenis media pemadam yang tepat menjadi salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan. Setiap jenis media pemadam memiliki karakteristik dan mekanisme kerja yang berbeda, sehingga penggunaannya perlu disesuaikan dengan jenis kebakaran yang mungkin terjadi serta kondisi lingkungan tempat media pemadam tersebut digunakan. Hal ini sejalan dengan ketentuan dalam *NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguishers* yang menyatakan bahwa pemilihan jenis alat pemadam kebakaran harus mempertimbangkan kelas kebakaran serta kondisi area yang dilindungi. Namun dalam mendukung pemilihan jenis APAR yang sesuai dengan karakteristik ruang terminal tentunya diperlukan penggunaan APAR dan pemahaman terhadap prosedur darurat memiliki hubungan yang signifikan terhadap keberhasilan pemadaman awal dan pengurangan dampak kebakaran. Hal ini akan sejalan dengan prinsip dalam standar NFPA yang mewajibkan adanya edukasi dan pelatihan bagi pengguna alat pemadam.

2. Alat Pemadam Api Ringan

Pada *NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguishers*, APAR adalah alat pemadam kebakaran portabel yang dirancang untuk digunakan oleh satu orang dalam memadamkan kebakaran pada tahap awal dengan menyemprotkan media pemadam tertentu ke sumber api. APAR merupakan salah satu alat proteksi kebakaran aktif yang digunakan untuk memadamkan kebakaran pada tahap awal sebelum api berkembang menjadi lebih besar (Wicaksono, 2020). APAR merupakan salah satu alat dari sistem proteksi kebakaran aktif pada kebakaran bangunan (Nugraha et al., 2024). APAR memiliki ukuran kecil yang mudah untuk dioperasikan dalam keadaan darurat oleh orang-orang di sekeliling APAR APAR wajib tersedia pada lingkungan perusahaan yang memiliki operasional tinggi demi

melindungi keselamatan manusia, aset dan fasilitas akibat kebakaran. Secara umum APAR terbagi menjadi beberapa komponen utama diantaranya:

- a. Tabung silinder (*tube / cylinder*) sebagai wadah untuk menampung media bahan pemadam.
- b. Pengukur tekanan (*pressure gauge*) merupakan sebuah alat untuk menampilkan tekanan di dalam tabung; terdiri atas tiga bagian tekanan hijau untuk tekanan normal dan siap pakai, merah kiri menandakan tekanan rendah, merah kanan untuk menandakan tekanan berlebih.
- c. Pin pengaman (*safety pin*) merupakan sebuah pin pengunci pada tuas untuk mencegah APAR tertekan secara tidak sengaja, dilengkapi segel sebagai tanda APAR masih baru atau sudah terpakai.
- d. *Handle* sebagai pegangan pada bagian bawah tuas yang statis untuk membawa APAR
- e. *Lever* sebagai pemicu untuk membuka *spindle* guna mengeluarkan media bahan pemadam dari dalam tabung.
- f. Selang (*hose*) merupakan selang fleksibel untuk menyalurkan media bahan pemadam dari tabung ke titik api.
- g. Corong (*nozzle*) merupakan ujung selang yang berfungsi mengarahkan semprotan bahan pemadam ke titik api.



Gambar II. 2 APAR Dry Chemical Powder

Sumber : Unit kerja ARFF YIA

Salah satu APAR yang banyak digunakan pada *tenant* di terminal bandara Internasional Yogyakarta adalah APAR *dry chemical powder*, APAR jenis ini

menggunakan bahan pemadam berupa bubuk kimia kering. Bahan pemadam ini dapat digunakan pada beberapa kelas kebakaran yaitu kelas kebakaran A, B dan C. Bubuk pemadam kebakaran jenis *dry chemical powder* pada umumnya terdiri dari campuran *monoammonium phosphate* dan *ammonium sulfate* (Su et al., 2014). Bahan pemadam pada APAR juga memiliki jenis lain, APAR berdasarkan bahan pemadamnya dibedakan antara lain:

a. APAR *Dry Chemical Powder* (Bubuk Kimia Kering)

Bahan pemadam yang menggunakan *monoammonium phosphate* menjadi bahan aktif utama dalam proses pemadaman, saat partikel kecil ini terkena panas dari proses pembakaran bahan ini akan melebur dan bereaksi menutup permukaan bahan yang terbakar sehingga menghalangi masuknya oksigen ke proses pembakaran dan memutus reaksi kimia segitiga api (Haoyang, 2024). Bahan pemadam ini efektif untuk kebakaran kelas A, B dan C. Ukuran yang tersedia diantaranya yaitu 1 kg, 2 kg, 3 kg, 4 kg, 5 kg, 6 kg, 9 kg, dan 12 kg.

b. APAR *Water* (Air)

Jenis baham pemadam yang menggunakan air sebagai media pemadam utama efektif pada kebakaran kelas A yaitu kebakaran yang disebabkan oleh material benda padat yang mudah terbakar. Ukuran yang tersedia diantaranya yaitu 6 L, dan 9 L.

c. APAR Karbon Dioksida (CO₂)

Alat pemadam ini menggunakan gas karbon dioksida (CO₂) sebagai media pemadam, cara kerja alat pemadam ini yaitu dengan cara mengurangi kadar oksigen pada sekitar titik api. Bahan pemadam ini efektif untuk kebakaran kelas B dan C yaitu kebakaran yang disebabkan oleh cairan yang mudah terbakar dan instalasi listrik. Bahan pemadam ini tidak meninggalkan residu pasca penggunaannya. Ukuran yang tersedia diantaranya 2 kg, 3 kg, 5 kg, 6 kg, 9 kg, dan 12 kg.

d. APAR *Foam* (Busa)

Alat pemadam ini menggunakan *foam* yang mengandung larutan busa yang dapat membentuk lapisan pelindung sehingga dapat menyelimuti titik api dan mengikat oksigen. Bahan pemadam ini efektif untuk kebakaran kelas A dan

B yaitu kebakaran oleh benda padat dan cairan yang mudah terbakar. Ukuran yang tersedia diantaranya yaitu 6 L, dan 9 L.

Media bahan pemadam harus disesuaikan pada jenis kebakaran. Pada *National Fire Protection Association (NFPA)* kebakaran dibagi menjadi lima kelas sebagai berikut:

a. Kelas A

Kebakaran yang disebabkan oleh benda padat yang mudah terbakar, seperti kayu, kertas, dan kain. Kebakaran ini dapat dipadamkan dengan bahan pemadam berupa air, *foam*, *dry chemical powder*, dan CO_2 .

b. Kelas B

Kebakaran ini disebabkan oleh bahan cair dan gas yang mudah terbakar, seperti minyak, bensin, gas LPG dan LNG. Bahan pemadam yang efektif pada kebakaran ini yaitu *foam*, *dry chemical powder*, dan CO_2 .

c. Kelas C

Kebakaran yang disebabkan oleh peralatan elektronik atau listrik yang bertegangan. Kebakaran ini biasanya diawali dengan korsleting, untuk memadamkan kebakaran kelas ini menggunakan CO_2 dan *dry chemical powder*.

d. Kelas D

Kebakaran yang disebabkan oleh benda logam seperti magnesium atau titanium yang terbakar, bahan pemadam yang digunakan yaitu *dry chemical powder*.

e. Kelas K

Kebakaran yang disebabkan oleh kegiatan dapur seperti minyak masak dan minyak nabati, kebakaran kelas ini dapat dipadamkan menggunakan *dry chemical powder* dan CO_2 .

Pada prosedur penggunaan APAR untuk memadamkan kebakaran awal, dioperasikan dengan menggunakan metode prinsip PASS. Metode ini merupakan singkatan dari P (*pull the pin*), A (*aim low*), S (*squeeze*), dan S (*sweep*). Namun pada APAR jenis *foam* tidak menggunakan metode *sweep* untuk membentuk selimut busa. APAR yang telah digunakan wajib untuk dilaporkan dan dilakukan pengisian ulang, dan APAR yang meninggalkan residu wajib dibersihkan karena

dapat menimbulkan permasalahan lanjutan. Untuk posisi pengguna APAR harus berdiri sekitar 2-4 meter dari sumber api, berada di depan jalur evakuasi dan bila diluar ruangan lakukan pemadaman searah angin.

3. *Clean agent* berbasis *Liquid Gas*

Menurut *NFPA 2001 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*, *Clean agent* berbasis *liquid gas* merupakan salah satu bahan pemadam kebakaran yang menggunakan media pemadam berupa senyawa kimia cair yang disimpan dalam tabung bertekanan dan akan berubah menjadi gas. Perubahan terjadi dikarenakan adanya penurunan tekanan dan akan menguap sepenuhnya setelah APAR jenis ini disemprotkan. Media ini termasuk dalam kategori *clean agent*, yang bersifat bersih tidak meninggalkan residu, tidak merusak lapisan ozon atau non halon non CFC, dan ramah lingkungan (Hambyah, 2016). Dikarenakan agen pemadam ini tidak meninggalkan residu setelah digunakan maka tidak dibutuhkan proses pembersihan tambahan serta tidak menimbulkan kerusakan tambahan pada peralatan atau fasilitas yang berada di area yang dilindungi. Bahan pemadam ini juga tidak bersifat konduktif sehingga aman dan tidak mengganggu fungsi dari peralatan elektronik yang sensitif akibat residu yang ditinggalkan. Dalam pemadamannya mekanisme kerja APAR *clean agent* terjadi melalui proses penyerapan panas dari nyala api dan penghambatan reaksi kimia pembakaran. Ketika agen pemadam dilepaskan, zat tersebut akan menyerap energi panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran sehingga suhu api menurun hingga berada di bawah titik yang dibutuhkan untuk mempertahankan proses pembakaran.

Menurut *NFPA 2001 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*, *Clean agent* pada sistem proteksi kebakaran diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu *Halocarbon Clean Agents* (berbasis *liquid gas*) dan *Inert Gas Clean Agents* (berbasis gas murni). Jenis *liquid gas* yang termasuk ke dalam kelompok *Halocarbon Clean Agents*. Berikut jenis-jenis kelompok *Halocarbon Clean Agents*.

Tabel II. 1 Jenis Halocarbon Clean Agent

Jenis	Rumus Kimia	Nama Kimia
HFC-227ea	$\text{CF}_3\text{CHFCF}_3$	Heptafluoropropane
HFC-236fa	$\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$	Hexafluoropropane

HFC-125	C ₂ HF ₅	Pentafluoroethane
HFC-23	CHF ₃	Trifluoromethane
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	Tetrafluoroethane
FK-5-1-12	C ₆ F ₁₂ O	Fluorinated Ketone

4. *Tenant*

Menurut *International Civil Aviation Organization* dalam *ICAO Airport Economics Manual Doc 9562*, kegiatan *non-aeronautikal* di bandar udara meliputi berbagai aktivitas komersial yang memanfaatkan ruang dan fasilitas bandara, seperti toko ritel, restoran, layanan perbankan, serta berbagai jasa lainnya. *Tenant* merupakan pihak atau badan usaha yang menyewa atau memanfaatkan ruang usaha pada suatu fasilitas dengan jangka waktu tertentu untuk menjalankan kegiatan operasional atau komersial (Dong & Li, 2025). Badan usaha yang menempati atau menjalankan kegiatan operasional bisnis memiliki hubungan dengan pemilik bangunan dengan ketentuan berisi hak serta kewajiban yang disepakati oleh kedua belah pihak. Dalam konteks komersial maupun fasilitas publik, *tenant* berperan sebagai penyedia layanan atau produk kepada pengguna fasilitas. Selain sebagai fasilitas pelayanan transportasi, terminal yang merupakan fasilitas sisi darat juga berkembang menjadi pusat kegiatan komersial untuk menyediakan berbagai layanan bagi penumpang dan pengunjung di bandar udara. Aktivitas tersebut umumnya dijalankan oleh pihak ketiga yang memperoleh hak usaha melalui sistem sewa dari pengelola bandar udara. Pendapatan yang diperoleh dari *tenant* menjadi salah satu sumber pendapatan *non-aeronautikal* bagi pengelola bandar udara.

Keberagaman jenis usaha dalam mendukung pelayanan tersebut menyebabkan adanya berbagai aktivitas dan peralatan operasional seperti listrik, peralatan masak, serta perangkat elektronik yang dapat menjadi sumber kebakaran. Selain itu beberapa *tenant* menyimpan bahan atau produk yang mudah terbakar sehingga meningkatkan potensi risiko kebakaran pada area *tenant* terminal. Dalam penanganan risiko bahaya kebakaran oleh aktivitas *tenant*, diperlukan penerapan sistem proteksi kebakaran yang tepat untuk tersedia pada *tenant* terminal bandara.

Bertujuan untuk meminimalisir potensi kerugian akibat kebakaran dan menjaga keselamatan pengguna bandar udara.

B. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan

Untuk memperkuat penelitian ini, Peneliti akan mengkaji berbagai literatur dan penelitian terdahulu yang relevan dengan pembahasan topik utama penelitian ini. Kajian penelitian ini dimaksud untuk memberikan gambaran mengenai penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas objek, tujuan dan metodologi penelitian yang dilakukan. Ini bertujuan untuk membangun landasan konseptual yang mendukung penelitian berdasarkan posisi penelitian dan teori yang menjadi dasar penelitian. Berdasarkan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai dasar pembandingan dan penguat dalam menganalisis optimalisasi sistem proteksi kebakaran, khususnya terkait pemilihan media pemadam yang sesuai dengan karakteristik risiko pada bangunan. Maka beberapa penelitian yang relevan dengan topik ini antara lain mencakup kajian berikut:

Tabel II. 2 Kajian Penelitian Terdahulu

No	Author (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian Terdahulu	Relevansi dengan Penelitian Ini
1	Qichang Dong (Dong et al, 2024)	<i>Synergistic effects of typical clean gaseous fire-extinguishing agents. Fire Safety Journal</i>	Penelitian meninjau bahan pemadam kebakaran gas yang umum digunakan (Novec1230, hidrofluorokarbon (HFC), gas inert) bahwa penggunaan sinergis antar bahan pemadam dapat mengkompensasi kekurangan agen tunggal dalam pemadaman kebakaran, mengurangi jumlah agen pemadam yang digunakan, produksi zat beracun, serta meningkatkan efisiensi sistem pemadaman	Membahas karakteristik <i>clean agent</i> (HFC, Novec, inert gas) dan membandingkan dengan <i>dry chemical powder</i> dalam sistem kombinasi (gas-solid). Namun perbedaan pada penelitian ini tidak membahas pada ruang lingkup <i>tenant terminal bandara</i> .

			campuran	
2	A. I. Kitsak (Kitsak, 2018).	<i>The Dynamics of Dry Chemical Powder Particles Towards the Fire Source During Their Pulse Feeding into the Combustion Zone.</i>	Penelitian ini memperkenalkan perhitungan matematik yang dikembangkan untuk pergerakan campuran gas-bubuk kimia kering di ruang terbuka ke titik api.	Penelitian ini menjelaskan media pemadam <i>dry chemical powder</i> merupakan partikel halus bersifat residu yang dapat menyebar melalui udara. Perbedaan pada penelitian ini tidak membahas tentang <i>clean agent</i> pada <i>tenant</i> bandara.
3	Haoran Xing (Xing et al, 2022)	<i>Review on Research Progress of C6F12O as a Fire Extinguishing Agent. Fire,</i>	Penelitian ini merangkum kemajuan terkini mengenai pemadam api baru yang ramah lingkungan ($C_6F_{12}O$) dengan sifat fisik dan kimia, jalur sintesis, serta efisiensi dan mekanisme dalam pemadaman api.	Penelitian ini relevan karena $C_6F_{12}O$ yang merupakan rumus molekul dari FK-5-1-12 memiliki karakteristik bahan pemadam paling ramah lingkungan dan tidak menyebabkan korosif. Perbedaan pada penelitian ini tidak berfokus juga pada <i>dry chemical powder</i> dan <i>tenant</i> bandara.
4	Nada Fitria Hisanah (Hisanah et al, 2023)	Evaluasi Kinerja Jalur Perpipaian Sistem Pemadam Kebakaran dengan Media Pemadam Api Jenis Gas Clean Agent Halocarbon HCFC Blend A pada Ruang Mesin Kapal	Mengevaluasi desain jalur perpipaian sistem pemadam kebakaran dengan media pemadam api jenis <i>clean agent halocarbon HCFC Blend A</i> dengan material pipa baja galvanis dengan ukuran tertentu.	Pertimbangan upaya pencegahan bahaya kebakaran pada fasilitas di ruang mesin memerlukan pemilihan media pemadam jenis <i>clean agent</i> karena media ini mampu memadamkan api secara efektif jika dibandingkan dengan media pemadam lain untuk memperhatikan keamanan dan kelancaran operasional.