

# Bio-Foam Kaliandra: A Portable Fire Extinguisher Innovation Based on Waste Cooking Oil for Household Fire Mitigation

## Bio-Foam Kaliandra: Inovasi APAR Portabel Berbasis Minyak Jelantah untuk Mitigasi Kebakaran Rumah Tangga

Muhamad Akbar Syahputra

Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Fakultas Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, 75131, Kalimantan Timur, Indonesia.  
Alamat Koresponding. E-mail: [syahputraakbar10@gmail.com](mailto:syahputraakbar10@gmail.com) (N.S.); Tel. +6281316110797.

Dikirim: 12 Maret 2026  
Direvisi: 19 Mei 2026  
Diterima: 21 Mei 2026

Academic Editor: Junaidin

**Catatan Penerbit:** Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Mulawarman tetap netral sehubungan dengan klaim yurisdiksi dalam gambar ataupun rancangan yang diterbitkan pada jurnal ini.



**Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

**ABSTRACT:** Dense residential areas face a high risk of household fires due to limited access to firefighting services and the lack of early-stage fire suppression facilities at the household level. Meanwhile, waste cooking oil generated from households remains underutilized and poses potential environmental pollution. This study aims to develop an innovation framework for a portable fire extinguisher (APAR) based on bio-foam formulated from soap-based surfactants derived from waste cooking oil as an effort for early-stage fire mitigation. The method includes community-based fire mitigation education, formulation of Bio-Foam Kaliandra through a saponification process, small-scale fire extinguishing simulations, and evaluation based on community feedback. The results indicate that the produced bio-foam has the potential to serve as an alternative extinguishing medium by forming a stable foam layer that suppresses oxygen supply, reduces temperature, and decreases fire intensity. In addition, the evaluation results show an improvement in community understanding and a positive level of acceptance toward this innovation. The novelty of this study lies in integrating household waste management with community-based fire mitigation through a simple, applicable, and locally resource-based technology. This innovation not only provides an alternative early fire suppression tool but also adds value to waste cooking oil as a sustainable waste-to-product solution. Overall, Bio-Foam Kaliandra demonstrates strong potential to enhance community preparedness in responding to household fires and to support the development of sustainable and replicable community-based disaster mitigation programs.

**KEYWORDS:** Portable fire extinguisher; bio-foam; waste-to-product innovation ;waste cooking oil; fire mitigation; soap-based surfactant

**ABSTRAK:** Kawasan permukiman padat memiliki risiko tinggi terhadap kebakaran rumah tangga akibat keterbatasan akses layanan pemadam kebakaran dan minimnya ketersediaan sarana pemadaman tahap awal di tingkat rumah tangga. Di sisi lain, limbah minyak jelantah rumah tangga masih belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka inovasi alat pemadam api ringan (APAR) portabel berbasis bio-foam yang diformulasikan dari surfaktan sabun hasil pengolahan minyak jelantah sebagai upaya mitigasi kebakaran tahap awal. Metode yang digunakan meliputi edukasi mitigasi kebakaran kepada masyarakat, formulasi Bio-Foam Kaliandra melalui proses saponifikasi, simulasi penggunaan APAR pada skala kecil, serta evaluasi berbasis umpan balik masyarakat. Hasil perancangan menunjukkan bahwa bio-foam yang dihasilkan berpotensi sebagai media pemadam

**Cara mensitasi artikel ini:** Syahputra, M.A. Bio-Foam Kaliandra: A Portable Fire Extinguisher Innovation Based on Waste Cooking Oil for Household Fire Mitigation (Bio-Foam Kaliandra: Inovasi APAR Portabel Berbasis Minyak Jelantah untuk Mitigasi Kebakaran Rumah Tangga). ANDIL Mulawarman J Comm Engag. 2026; 3(3): 128-135.

alternatif melalui pembentukan lapisan busa stabil yang mampu menghambat suplai oksigen, menurunkan suhu, dan menekan intensitas api. Selain itu, hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman masyarakat serta tingkat penerimaan yang baik terhadap inovasi ini. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi pengelolaan limbah rumah tangga dengan mitigasi kebakaran berbasis komunitas melalui teknologi yang sederhana, aplikatif, dan berbasis sumber daya lokal. Inovasi ini tidak hanya menyediakan alternatif alat pemadam awal, tetapi juga memberikan nilai tambah terhadap limbah minyak jelantah sebagai solusi waste-to-product yang berkelanjutan. Secara keseluruhan, Bio-Foam Kaliandra memiliki potensi untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi kebakaran rumah tangga serta mendukung pengembangan program mitigasi bencana berbasis komunitas yang berkelanjutan dan mudah direplikasi.

**Kata Kunci:** APAR portabel; bio-foam; inovasi waste-to-product ;minyak jelantah; mitigasi kebakaran; surfaktan sabun

## 1. PENDAHULUAN

Kebakaran rumah tangga merupakan salah satu risiko bencana yang sering terjadi di kawasan permukiman padat perkotaan, khususnya pada wilayah dengan kepadatan bangunan tinggi, akses terbatas, dan tingkat kesadaran mitigasi yang belum merata. Kondisi tersebut tidak hanya meningkatkan potensi kerugian material, tetapi juga mengancam keselamatan jiwa masyarakat. Berbagai faktor berpotensi memicu terjadinya kebakaran, di antaranya gangguan instalasi listrik yang menyebabkan korsleting, kebocoran pada selang kompor gas, aktivitas pembakaran sampah secara terbuka, serta penggunaan sumber api seperti puntung rokok maupun lilin (Marfuah *et.al.*, 2020). Berdasarkan data Pusat Pengendalian Operasi BPBD Kota Balikpapan (2025), sepanjang tahun 2024 tercatat sebanyak 167 kejadian kebakaran yang meliputi kebakaran bangunan, kebakaran lahan, dan jenis kebakaran lainnya di seluruh wilayah kota. Angka ini menunjukkan bahwa kebakaran masih menjadi ancaman serius di Balikpapan dan menegaskan kebutuhan akan upaya mitigasi yang efektif di tingkat rumah tangga.

Kawasan Kampung Baru Ilir di Kota Balikpapan merupakan salah satu wilayah permukiman padat penduduk dengan tingkat kerentanan bencana, termasuk risiko kebakaran rumah tangga yang tinggi akibat kepadatan bangunan, jarak antar rumah yang rapat, serta akses lingkungan yang sempit. Kondisi fisik tersebut sering kali menyulitkan mobil pemadam kebakaran untuk menjangkau titik kejadian secara cepat, sehingga kebakaran berpotensi meluas sebelum penanganan skala besar dapat dilakukan. Melalui Program KALIANDRA (Kampung Baru Ilir Mandiri, Indah, dan Sejahtera), masyarakat didorong untuk meningkatkan ketangguhan lingkungan melalui pendekatan pemberdayaan berbasis mitigasi bencana, pengelolaan sampah, dan penguatan kapasitas sosial. Program ini menempatkan masyarakat sebagai aktor utama dalam upaya pencegahan dan pengurangan risiko bencana, namun hingga saat ini upaya mitigasi kebakaran di tingkat rumah tangga masih menghadapi keterbatasan, khususnya dalam penyediaan sarana pemadaman awal yang sederhana, terjangkau, dan dapat dioperasikan secara mandiri oleh warga.

Selain itu, penggunaan alat pemadam api ringan (APAR) konvensional seperti dry chemical powder dan foam sintesis umumnya masih memiliki keterbatasan dalam hal biaya, aksesibilitas bagi masyarakat, serta potensi dampak lingkungan akibat penggunaan bahan kimia sintesis. Berdasarkan observasi awal di kawasan Kampung Baru Ilir, sebagian besar rumah tangga juga belum memiliki APAR dan masih memiliki tingkat kesiapsiagaan kebakaran yang relatif rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa kebutuhan akan teknologi pemadaman awal yang sederhana, ekonomis, dan mudah diakses masih belum terpenuhi secara optimal. Oleh karena itu, penguatan aspek mitigasi kebakaran melalui inovasi teknologi tepat guna menjadi kebutuhan penting untuk mendukung keberlanjutan dan efektivitas implementasi Program KALIANDRA di kawasan permukiman padat tersebut.

Di sisi lain, limbah minyak jelantah rumah tangga masih menjadi permasalahan lingkungan yang belum terkelola secara optimal. Pembuangan minyak jelantah secara sembarangan berpotensi mencemari tanah dan air, menyebabkan penyumbatan sistem drainase, serta menurunkan kualitas lingkungan secara keseluruhan akibat peningkatan beban pencemar organik. Menurut Faimi dan Tampubolon (2023) rata-rata setiap rumah tangga menghasilkan sekitar 9,42 liter minyak jelantah per tahun, yang jika tidak dikelola dengan baik akan semakin memperburuk pencemaran lingkungan. Padahal, minyak jelantah masih mengandung senyawa trigliserida yang berpotensi dimanfaatkan kembali melalui proses kimia (Ma *at.al.*, 2024), salah satunya melalui reaksi saponifikasi untuk menghasilkan sabun atau surfaktan.

Surfaktan memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan air sehingga mampu membentuk busa (*foam*) yang stabil. Prinsip ini menunjukkan bahwa minyak jelantah berpotensi diolah menjadi bahan dasar foam pemadam api yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Dengan demikian, pemanfaatan limbah minyak jelantah sebagai bahan baku pemadam kebakaran tidak hanya memberikan solusi mitigasi bencana, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah berbasis ekonomi sirkular.

Berdasarkan uraian latar belakang, beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi antara lain: (a) Tingginya risiko kebakaran pada permukiman padat dengan akses terbatas bagi kendaraan pemadam; (b) Keterbatasan ketersediaan alat pemadam api ringan yang murah dan mudah digunakan oleh masyarakat; (c) Limbah minyak jelantah rumah tangga yang belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi mencemari lingkungan; dan (d) Belum adanya inovasi sederhana berbasis bahan lokal yang dapat mengintegrasikan mitigasi kebakaran dan pengolahan limbah secara bersamaan.

Pengembangan APAR foam portabel berbasis surfaktan sabun dari minyak jelantah menawarkan solusi yang realistis dan aplikatif untuk menjawab kebutuhan tersebut. Minyak jelantah yang sering dihasilkan oleh rumah tangga maupun usaha kuliner dapat dimanfaatkan menjadi sabun melalui proses saponifikasi dengan basa kuat (Bakhri *et.al.*, 2022). Surfaktan hasil saponifikasi ini dapat diformulasikan sebagai media pembentuk foam pemadam kebakaran tanpa memerlukan teknologi tinggi maupun bahan kimia yang sulit diakses. Foam pemadam kebakaran merupakan media pemadaman yang efektif karena mampu membentuk lapisan penutup pada permukaan terbakar, menurunkan suhu, dan menghambat suplai oksigen (Kim *et.al.*, 2024). Untuk meningkatkan kemampuan foam dalam menahan dan memutus nyala api, formulasi dapat ditambahkan zat aditif penahan api yang mudah diperoleh dan aman digunakan, seperti natrium bikarbonat.

Dengan mengombinasikan surfaktan berbasis minyak jelantah dan aditif penahan api sederhana ke dalam sistem APAR portabel Bio-Foam Kaliandra, masyarakat berpotensi memiliki alat pemadam awal yang mudah diproduksi secara mandiri, ekonomis, mudah digunakan dan efektif untuk penanganan kebakaran skala rumah tangga. Pemanfaatan minyak jelantah dalam inovasi ini tidak hanya mendukung ketersediaan bahan baku lokal yang mudah diperoleh, tetapi juga memberikan nilai tambah terhadap limbah rumah tangga yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal.

Tujuan dari kegiatan ini adalah mengembangkan dan menerapkan inovasi alat pemadam api ringan (APAR) portabel berbasis foam yang diformulasikan dari surfaktan hasil pengolahan limbah minyak jelantah sebagai upaya mitigasi kebakaran awal di lingkungan rumah tangga. Selain itu, kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian masyarakat dalam melakukan pencegahan serta penanganan awal kebakaran skala kecil melalui edukasi mitigasi kebakaran dan pelatihan pembuatan serta penggunaan Bio-Foam Kaliandra. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku utama dalam inovasi ini juga diarahkan untuk memberikan nilai tambah terhadap limbah rumah tangga, sehingga mendukung pengelolaan limbah yang ramah lingkungan sekaligus mendorong implementasi teknologi tepat guna yang memanfaatkan potensi sumber daya lokal yang berpotensi untuk diaplikasi secara berkelanjutan di tingkat komunitas.

Kegiatan ini diharapkan memberikan manfaat langsung bagi masyarakat melalui penyediaan alternatif alat pemadam kebakaran awal yang sederhana, mudah digunakan, dan terjangkau, sehingga mampu meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi risiko kebakaran rumah tangga. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku utama surfaktan juga memberikan manfaat lingkungan dengan mengurangi potensi pencemaran akibat pembuangan limbah minyak jelantah. Selain itu, kegiatan ini mendukung penerapan teknologi tepat guna berbasis bahan lokal yang dapat dikembangkan dan direplikasi di tingkat komunitas hingga masyarakat luas.

## 2. METODE DAN PELAKSANAAN KEGIATAN

### 2.1 Lokasi dan Sasaran Kegiatan

Kegiatan dilaksanakan di Kawasan Kampung Baru Ilir, Kota Balikpapan, yang merupakan wilayah permukiman padat penduduk dengan akses lingkungan sempit dan tingkat risiko kebakaran rumah tangga yang relatif tinggi. Sasaran kegiatan meliputi warga rumah tangga, khususnya ibu rumah tangga, pemuda, dan perwakilan kelompok masyarakat yang tergabung dalam Program KALIANDRA, sebagai pihak yang berperan langsung dalam aktivitas domestik dan pengelolaan lingkungan sehari-hari.

### 2.2 Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Alur tahapan pelaksanaan kegiatan dirangkum dalam bentuk diagram siklus yang ditampilkan pada Gambar 1. Diagram tersebut menggambarkan keterkaitan antar tahapan perencanaan kegiatan secara sistematis, mulai dari tahap awal hingga tahap akhir yang dirancang untuk saling berkesinambungan. Setiap tahapan

disusun untuk mendukung tercapainya tujuan kegiatan, khususnya dalam pengembangan inovasi Bio-Foam Kaliandra sebagai alat mitigasi kebakaran tahap awal. Penyajian alur dalam bentuk diagram dimaksudkan untuk mempermudah pemahaman terhadap urutan dan keterkaitan proses yang direncanakan. Dengan demikian, diagram ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kerangka pelaksanaan kegiatan yang bersifat terstruktur dan terarah.



Gambar 1. Diagram Siklus Tahapan Perencanaan Kegiatan

### 2.2.1 Edukasi Mitigasi Kebakaran Rumah Tangga dan Studi Area

Tahap awal dilakukan melalui observasi lapangan dan diskusi dengan perwakilan masyarakat serta pengelola Program KALIANDRA untuk mengidentifikasi permasalahan utama terkait risiko kebakaran rumah tangga, keterbatasan akses mobil pemadam kebakaran, serta ketersediaan alat pemadam awal di lingkungan permukiman. Hasil identifikasi ini digunakan sebagai dasar perancangan kegiatan dan penyesuaian teknologi yang akan diperkenalkan. Pada tahap ini, dilakukan penyuluhan singkat mengenai penyebab umum kebakaran rumah tangga, potensi bahaya di lingkungan permukiman padat, serta pentingnya penanganan kebakaran pada tahap awal. Materi disampaikan secara sederhana dan komunikatif, disertai dengan diskusi interaktif agar masyarakat memahami risiko kebakaran dan peran mereka dalam upaya mitigasi.

### 2.2.2 Pelatihan Pembuatan Bio-Foam Kaliandra

Secara garis besar, tahapan pengolahan limbah minyak jelantah menjadi bahan foam APAR dalam program ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Proses Pembuatan Bio-Foam Kaliandra

Proses pembuatan Bio-Foam Kaliandra diawali dengan penimbangan minyak jelantah sebanyak 75 gram yang telah disaring untuk menghilangkan kotoran dan sisa padatan. Selanjutnya siapkan larutan NaOH dengan melarutkan 16,5 gram NaOH ke dalam dua sendok makan air, kemudian diaduk hingga larut sempurna. Larutan NaOH tersebut selanjutnya dicampurkan secara perlahan ke dalam minyak jelantah sambil diaduk secara kontinu hingga campuran mulai mengental, yang menandakan terjadinya proses saponifikasi dan pembentukan sabun sebagai surfaktan pembentuk foam. Setelah campuran mencapai kondisi mengental, air mendidih sebanyak 412 mL ditambahkan secara bertahap sambil terus diaduk hingga larutan kembali homogen. Selanjutnya, garam dapur (NaCl) sebanyak 2,5 gram yang telah dilarutkan dalam dua sendok makan air ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk kembali hingga larutan mengalami pengentalan. Penambahan NaCl berfungsi sebagai agen penstabil untuk meningkatkan viskositas serta kestabilan foam yang dihasilkan (Zamanis *et.al.*, 2025).

Sebagai tahap akhir formulasi, natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) ditambahkan ke dalam larutan Bio-Foam dengan konsentrasi sekitar 2 gram per 100 mL larutan, kemudian diaduk perlahan hingga tercampur merata. Penambahan natrium bikarbonat menunjukkan bahwa dekomposisi termalnya menghasilkan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang dapat mengencerkan konsentrasi oksigen di sekitar api dan membantu menghambat propagasi pembakaran (Pedieu *et.al.*, 2025). Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam botol atau wadah APAR portabel sederhana yang telah dibersihkan dan dipastikan aman digunakan.

### 2.2.3 Simulasi Penggunaan APAR Foam Portabel

Setelah pelatihan pembuatan, dilakukan simulasi penggunaan Bio-Foam Kaliandra untuk pemadaman api skala kecil. Simulasi ini bertujuan untuk melatih keterampilan masyarakat dalam menggunakan APAR secara aman dan efektif, sekaligus meningkatkan kepercayaan diri warga dalam melakukan pemadaman awal sebelum api membesar.

Penempatan APAR portabel direkomendasikan pada lokasi yang mudah terlihat dan mudah dijangkau, khususnya pada area dengan potensi risiko kebakaran tinggi seperti dapur atau di dekat jalur keluar ruangan. Posisi APAR harus memungkinkan pengguna mengakses alat dengan cepat tanpa terhalang benda lain. Penggunaan APAR dilakukan dengan melepaskan pin pengaman, mengarahkan nozel ke bagian dasar nyala api, dan menyemprotkan foam secara bertahap dari jarak aman sekitar 1-2 meter sesuai prinsip keselamatan dan kesehatan kerja (K3), dengan gerakan menyapu hingga api padam secara merata.

### 2.2.4 Evaluasi dan Umpan Balik

Tahap akhir dilakukan melalui evaluasi sederhana berupa diskusi dan tanya jawab untuk mengetahui tingkat pemahaman, kemudahan aplikasi, serta respons masyarakat terhadap teknologi yang diperkenalkan. Umpan balik dari masyarakat digunakan sebagai bahan perbaikan dan pengembangan lanjutan agar Bio-Foam Kaliandra semakin sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

## 2.3 Indikator Keberhasilan Kegiatan

Indikator keberhasilan kegiatan dinilai berdasarkan peningkatan pemahaman masyarakat mengenai mitigasi kebakaran rumah tangga dan penggunaan alat pemadam api awal, pemanfaatan limbah minyak jelantah sebagai bahan baku bernilai guna, serta kemampuan inovasi Bio-Foam dalam menyediakan media pemadam yang sederhana, aman, dan terjangkau.

Penilaian juga dilakukan secara kuantitatif melalui persentase peningkatan pemahaman masyarakat sebelum dan sesudah edukasi (*pre-test* dan *post-test*), tingkat keberhasilan simulasi pemadaman api skala kecil, serta tingkat penerimaan masyarakat terhadap inovasi berdasarkan kuesioner. Selain itu, keberhasilan kegiatan ditunjukkan dari kemudahan penggunaan alat dan potensi pengembangannya sebagai teknologi tepat guna yang berkelanjutan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Perancangan dan Analisis Desain Sistem APAR Portabel

Konsep inovasi APAR portabel yang dikembangkan, ditampilkan dalam bentuk ilustrasi desain sistem pada Gambar 3.



Gambar 3. Analisis desain APAR Portabel

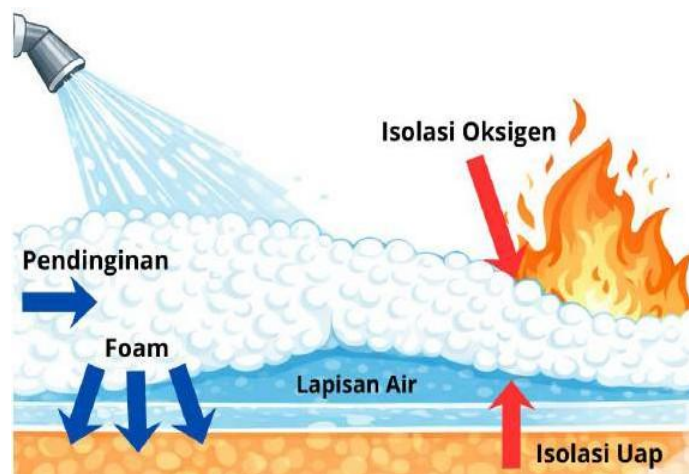
Perancangan APAR portabel pada penelitian ini mengacu pada SNI 180-1:2022 tentang persyaratan mutu Alat Pemadam Api Portabel (APAR). Standar tersebut menetapkan ketentuan teknis terkait kekuatan tabung bertekanan, keandalan mekanisme pelepasan, keselamatan pengoperasian, serta efektivitas distribusi media pemadam. Oleh karena itu, desain sistem difokuskan pada integritas struktur tabung, kestabilan tekanan kerja, kemudahan aktivasi, serta kemampuan nozel dalam menghasilkan semprotan busa yang merata sehingga proses pemadaman dapat berlangsung cepat, aman, dan efisien. Rincian bagian alat beserta fungsi teknis APAR portabel yang dirancang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komponen Utama dan Fungsi Teknis APAR Portabel

Komponen	Fungsi Teknis	Ketentuan SNI 180-1:2022
Tabung Silinder	Menyimpan media busa dan gas pendorong serta menahan tekanan kerja selama operasi	Wadah bertekanan harus kuat, tahan korosi, dan lulus uji hidrostatik
Katup	Mengontrol buka/tutup aliran pada media pemadam	Harus kedap, tidak bosor, dan beroperasi andal
Tuas Pengoperasian	Mengaktifkan mekanisme pelepasan media pemadam secara manual	Mudah ditekan, ergonomis, dan aman digunakan
Pin Pengaman	Mencegah aktivasi tidak disengaja selama penyimpanan	Dapat dilepas cepat saat kondisi darurat
Nozel Semprot	Mengarahkan dan mengatomisasi busa agar distribusi merata	Pola semprotan efektif dan tidak tersumbat
Pipa Sifon	Mengalirkan media dari dasar tabung menuju katup	Tahan korosi dan terpasang kuat
Pengukur Tekanan	Memantau tekanan interna tabung untuk memastikan kesiapan operasi	Indikator harus jelas terbaca dan akurat

### 3.2. Interpretasi Konsep Kerja Bio-Foam

Efektivitas bio-foam dalam memadamkan api didasarkan pada kemampuannya menginterupsi elemen-elemen pembentuk api secara simultan. Visualisasi mengenai proses isolasi dan pendinginan tersebut dapat dicermati pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Mekanisme kerja bio-foam dalam proses pemadaman api

Bio-foam merupakan media pemadam api berbasis surfaktan yang diformulasikan dari bahan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan foam sintetis konvensional. Secara konseptual, mekanisme kerja bio-foam dalam memadamkan api didasarkan pada prinsip pemutusan elemen utama segitiga api, yaitu bahan bakar, oksigen, dan panas, melalui kombinasi dari efek isolasi, pengecilan (*choking*), dan pendinginan (*cooling*), yang secara simultan menghambat keberlangsungan reaksi pembakaran (Li *et al.*, 2023).

Foam terdiri atas larutan surfaktan yang dicampur dengan gas sehingga akan membentuk gelembung-gelembung yang saling terikat membentuk selimut busa. Ketika bio-foam diaplikasikan ke permukaan bahan bakar cair, foam akan menyebar dengan cepat dan membentuk lapisan busa stabil yang menutupi permukaan bahan bakar, mencegah kontak langsung antara bahan bakar dan oksigen di udara. Fungsi pemutusan suplai

oksigen ini menjadi kunci dalam menghentikan reaksi pembakaran karena oksigen dibatasi secara fisik oleh lapisan foam tersebut (Islam dan Lattimer, 2024).

Selain itu, foam juga memiliki kemampuan menekan pelepasan uap bahan bakar volatil dengan menciptakan lapisan planar tipis (film) di atas permukaan bahan bakar yang mencegah uap bahan bakar naik ke zona pembakaran (Liu *et.al.*, 2024). Bio-foam yang digunakan akan membentuk film cair tipis di atas permukaan bahan bakar yang menghambat volatilisasi bahan bakar dan memutus suplai uap bahan bakar ke zona pembakaran, sehingga meminimalkan risiko re-ignition (penyalan ulang) setelah api padam.

### 3.3. Kesesuaian Inovasi dengan Kondisi Lapangan

Kondisi permukiman padat dengan risiko kebakaran tinggi menuntut solusi mitigasi yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga realistis untuk diterapkan oleh masyarakat. Bio-Foam Kaliandra menjawab kebutuhan tersebut dengan pendekatan inovasi berbasis solusi yang dirancang mengikuti keterbatasan nyata di lapangan. Keterbatasan akses kendaraan pemadam, minimnya kepemilikan APAR konvensional, serta rendahnya kesiapsiagaan awal masyarakat menjadikan pemadaman tahap awal sebagai titik kritis dalam pengendalian kebakaran rumah tangga.

Dibandingkan dengan APAR konvensional seperti dry chemical powder dan foam sintetis, Bio-Foam Kaliandra memiliki keunggulan dalam penggunaan bahan baku lokal yang lebih ekonomis, mudah diperoleh, serta lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah minyak jelantah. Inovasi ini memungkinkan masyarakat untuk memproduksi secara mandiri alat pemadam sederhana dengan biaya yang relatif rendah. Namun demikian, dari sisi performa teknis, bio-foam ini masih berada pada tahap awal pengembangan dan belum memiliki standar tekanan serta efektivitas yang setara dengan APAR komersial, sehingga lebih tepat digunakan sebagai solusi pemadaman awal skala rumah tangga, bukan sebagai pengganti utama alat pemadam standar.

Keunggulan utama inovasi ini terletak pada kemampuannya menjembatani aspek mitigasi bencana dan pengelolaan limbah secara simultan. Bio-Foam Kaliandra memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan utama menunjukkan kesesuaian dengan kondisi lingkungan masyarakat yang menghasilkan limbah tersebut setiap hari. Inovasi ini mengubah limbah yang sebelumnya tidak bernilai menjadi produk yang bermanfaat dan fungsional. Dengan demikian, Bio-Foam Kaliandra tidak hanya berfungsi sebagai alat mitigasi kebakaran, tetapi juga sebagai upaya sederhana dalam pengelolaan limbah rumah tangga berbasis ekonomi sirkular.

Meskipun menunjukkan potensi yang baik, inovasi ini masih memiliki keterbatasan, terutama belum dilakukannya pengujian kuantitatif secara komprehensif untuk mengevaluasi efektivitas pemadaman secara terukur. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji performa bio-foam secara eksperimental, termasuk stabilitas foam, waktu pemadaman, serta efektivitas terhadap berbagai jenis kebakaran.

Secara keseluruhan, Bio-Foam Kaliandra selaras dengan kebutuhan lapangan karena bersifat praktis, mudah diterapkan, dan berbasis pada sumber daya lokal. Hal ini menjadikan inovasi tersebut relevan untuk diterapkan sebagai solusi mitigasi kebakaran rumah tangga di kawasan permukiman padat serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai teknologi tepat guna yang berkelanjutan.

## 4. KESIMPULAN

Inovasi Bio-Foam Kaliandra berhasil menjawab tujuan kegiatan dengan menghadirkan alternatif alat pemadam api ringan berbasis foam yang memanfaatkan limbah minyak jelantah sebagai bahan baku utama. Inovasi ini dirancang untuk mendukung mitigasi kebakaran tahap awal di lingkungan rumah tangga, khususnya pada kawasan permukiman padat dengan keterbatasan akses penanganan kebakaran. Penerapan Bio-Foam Kaliandra menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah domestik dapat diintegrasikan secara efektif dengan upaya pencegahan bencana, sekaligus mendorong kemandirian masyarakat dalam penanganan awal kebakaran. Dengan karakteristik yang sederhana, mudah diaplikasikan, dan berbasis sumber daya lokal, inovasi ini berpotensi dikembangkan sebagai solusi mitigasi kebakaran rumah tangga yang berkelanjutan dan relevan untuk diterapkan pada lingkungan dengan kondisi serupa.

**Ucapan Terima Kasih:** Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program CSR KALIANDRA PT Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit V Balikpapan atas dukungan serta pendampingan yang diberikan sehingga penyusunan karya tulis ini dapat terlaksana dengan baik.

**Kontribusi Penulis:** -

**Sumber Pendanaan:** -

**Konflik Kepentingan:** Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

## REFERENSI

- Bakhri, S., Jaya, F., Gusnawati, Anafsia, W.U., Auliah, N.A. Proses Saponifikasi Berbasis Minyak Jelantah Untuk Pembuatan Hand Soap Antibakteri. *Journal of Comprehensive Science*, **2022**, *1*(4), 883–884.
- Faimi, S.N., Tampubolon, B.I. Estimasi Nilai Manfaat Ekonomi Pengelolaan Minyak Jelantah Rumah Tangga di Kampung Kebon Kopi, Desa Cibanteng, Kabupaten Bogor. *Indonesian Journal of Agricultural, Resource and Environmental Economics*, **2023**, *2*(2), 100–109.
- Islam, R., Lattimer, B.Y. Understanding the Impact of Fuel on Surfactant Microstructure of Firefighting Foam. *Fire Technology*, **2024**, *60*, 3413–3441. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01577-x>
- Kim, T., Park, T., Park, J., Yang, J., Han, D., Lee, B., Kwon, J. Thermal Characteristics Of Fire Extinguishing Agents In Compartment Fire Suppression. *Science Progress*, **2024**, *107*(3), 1–16. <https://doi.org/10.1177/00368504241263435>
- Li, Z., Zhu, H., Qiu, F., Zhao, J., Tian, C. Experiment Study on the Effectiveness of Various and Mixed Kinds of Low Expansion Foam of 120# Gasoline Pool Fire Suppression. *Fire*, **2023**, *6*(121), 1–18. <https://doi.org/10.3390/fire6030121>
- Liu, C., Li, G., Lu, S. Brief Introduction on Advances in Fire Suppression. *Fire*, **2024**, *7*(309), 1–5. <https://doi.org/10.3390/fire7090309>
- Ma, R., Gusfarenie, D., Novallyan, D., Riany, H., Nuraida, N., Gusriani, N., Wandari, I. Pemanfaatan Minyak Jelantah Skala Rumah Tangga untuk Pembuatan Sabun sebagai Bentuk Peduli Lingkungan. *Jurnal Solma*, **2024**, *13*(3), 2131–2138.
- Marfuah, U., Sunardi, D., Dewi, A.P. Pelatihan Pencegahan dan Penanganan Kebakaran Untuk Warga RT 08 RW 09 Kelurahan Kebon Pala Kecamatan Makasar Jakarta Timur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, **2020**, *3*(1), 7–16. <https://doi.org/10.24853/jpmt.3.1.7-16>
- Pedieu, R., Bents, A., Riedl, B., Wang, X., Deng, J., Braghiroli, F.L., Koubaa, A. Enhancing Fire Resistance and Mechanical Properties of Wood Strand Boards by Impregnation with Sodium Bicarbonate and Sodium Borate. *Polymer*, **2025**, *17*(21), 1–17. <https://doi.org/10.3390/polym17212943>
- Zamanis, A.T., Evgenidis, S.P., Karapantsios, T.D., Kostoglou, M. An Innovative Approach for Assessing Foam Stability Based on Electrical Conductivity Measurements of Liquid Films. *Colloids and Interfaces*, **2025**, *9*(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/colloids9040052>

This is an open access article which is publicly available on our journal's website under Institutional Repository at <https://e-journals2.unmul.ac.id/index.php/ANDIL/index>