

Optimasi Potensi Preventif Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) sebagai Biofilter Alami terhadap Paparan Asap Rokok melalui Ekspresi TNF- α

*Optimization of the Preventive Potential of Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) as a Natural Biofilter Against Cigarette Smoke Exposure Through TNF- α Expression*

Novidawati Boru Situmorang^{1*}, Andy Febriady²

^{1,2}Fakultas Farmasi, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Medan, Sumatera Utara, Indonesia
email: novidawatisitumorang@medistra.ac.id

Abstrak

Latar belakang: Indonesia menjadi negara ketiga dengan prevalensi tertinggi jumlah perokok di dunia setelah Cina dan India. Perokok sering merokok di dalam dan luar rumah, sehingga paparan asap rokok dapat juga merugikan orang lain. Asap rokok dapat memicu stress oksidatif sehingga dapat memicu pelepasan sitokin pro inflamasi salah satunya adalah Tumor Necrosis Factor (TNF- α). **Tujuan:** penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimasi andaliman sebagai biofilter alami terhadap paparan asap rokok melalui ekspresi TNF- α dalam upaya potensi preventif. **Metode:** Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan mengukur ekspresi TNF- α pada serum yang diisolasi dari darah mencit dan metode Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). **Hasil:** Pengukuran kadar TNF- α menggunakan metode ELISA menunjukkan bahwa ekstrak andaliman dosis 50-400 mg/kgBB secara signifikan menurunkan kadar TNF- α pada mencit yang terpapar asap rokok dibandingkan kelompok kontrol negatif ($p < 0,05$). Penurunan ini diduga berkaitan dengan kandungan flavonoid dan alkaloid dalam andaliman yang berperan sebagai antioksidan dan imunomodulator, sehingga menghambat jalur inflamasi yang dipicu oleh stres oksidatif akibat asap rokok. Dengan potensi antiinflamasi tersebut, andaliman dapat dikembangkan sebagai biofilter alami yang ramah lingkungan untuk mencegah dampak negatif paparan asap rokok, meskipun diperlukan penelitian lanjutan mengenai dosis dan keamanan jangka panjangnya. **Kesimpulan:** Ekstrak andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) terbukti efektif menurunkan kadar TNF- α pada mencit yang terpapar asap rokok, menunjukkan potensi antiinflamasi sebagai biofilter alami. Kandungan flavonoid dan alkaloid dalam andaliman berperan sebagai antioksidan dan imunomodulator yang menghambat jalur inflamasi akibat paparan toksin rokok. Andaliman memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan alami preventif yang ramah lingkungan dalam mengurangi dampak negatif asap rokok.

Kata kunci: *Zanthoxylum acanthopodium* DC; Biofilter alami; Flavonoid; Asap Rokok; Ekspresi TNF- α

Abstract

Background: Indonesia ranks third in the world for the highest smoking prevalence after China and India. Smokers often smoke both indoors and outdoors, exposing others to harmful cigarette smoke. Cigarette smoke can trigger oxidative stress, which induces the release of pro-inflammatory cytokines such as Tumor Necrosis Factor (TNF- α). **Objective:** This study aimed to analyze the optimization of andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) as a natural biofilter against cigarette smoke exposure through TNF- α expression as a potential preventive measure. **Methods:** An experimental method was used by measuring TNF- α expression in serum isolated from mice blood using the Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) technique. **Results:** TNF- α levels measured by ELISA showed that andaliman extract at doses of 50–400 mg/kg body weight significantly reduced TNF- α levels in mice exposed to cigarette smoke compared to the negative control group ($p < 0.05$). This reduction is likely related to the presence of flavonoids and alkaloids in andaliman, which act as antioxidants and immunomodulators that inhibit inflammatory pathways triggered by oxidative stress from cigarette smoke. With its anti-inflammatory potential, andaliman can be developed as an eco-friendly natural biofilter to prevent the harmful effects of cigarette smoke, although further studies are needed regarding its optimal dosage and long-term safety. **Conclusion:** Andaliman extract (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) effectively reduced TNF- α levels in mice exposed to cigarette smoke, demonstrating anti-inflammatory potential as a natural biofilter. Its flavonoid and alkaloid content act as antioxidants and immunomodulators that suppress inflammatory pathways induced by cigarette smoke toxins. Andaliman shows promise as an environmentally friendly natural preventive agent to mitigate the negative impacts of cigarette smoke exposure. **Keywords:** *Zanthoxylum acanthopodium* DC; Natural biofilter; Flavonoids; Cigarette smoke; TNF- α expression

* Corresponding Author: Novidawati Boru Situmorang, Fakultas Farmasi, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Medan, Indonesia.

E-mail : novidawatisitumorang@medistra.ac.id

Doi : 10.35451/d1tsbq73

Received : August 31, 2025. Accepted: October 25, 2025. Published: October 31, 2025

Copyright: © 2025 Novidawati Boru Situmorang. Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Indonesia menjadi negara ketiga dengan prevalensi tertinggi jumlah perokok di dunia setelah Cina dan India [1]. Merokok dianggap kegiatan yang lazim dan biasa dilakukan di kalangan masyarakat WHO memperkirakan di negara-negara dengan pendapatan tinggi, 73% mortalitas Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) berkaitan dengan merokok. Merokok juga menjadi faktor risiko untuk penyakit pembuluh darah dan jantung seperti hipertensi, stroke, gagal jantung, dan banyak penyakit lainnya. Pada negara-negara dengan pendapatan menengah ke bawah sebanyak 40% mortalitas diakibatkan oleh merokok [2]. Para perokok juga sering merokok di dalam dan luar rumah, sehingga paparan asap rokok dapat juga merugikan orang lain. Orang lain yang terpapar rokok disebut perokok pasif yang pada akhirnya juga akan mendapatkan dampak negatif yang besar [3].

Rokok mengandung lebih dari 4000 zat kimia beracun, termasuk nikotin, karbon monoksida, dan berbagai senyawa berbahaya lainnya [4]. Komponen racun yang ditemukan dalam asap rokok mainstream (yang diisap/dihirup perokok) juga ditemukan dalam asap rokok lingkungan, bahkan kadang dalam konsentrasi yang lebih tinggi. Tiga komponen toksik yang utama adalah karbonmonoksida (CO), nikotin (C₁₀H₁₄N₂), dan tar [5]. Anak-anak dan dewasa non perokok dapat mengalami dampak kesehatan yang sama dengan perokok aktif [6]. The United States Environmental Protection Agency (EPA) mengklasifikasikan asap rokok atau yang biasa disebut asap tembakau lingkungan sebagai karsinogen Kelas A (diketahui pada manusia) di samping asbes, arsen, benzene dan gas radon. Menurut The British Medical Association tidak ada batas aman dalam paparan asap rokok [7].

Asap rokok dapat memicu stress oksidatif sehingga tingginya stress oksidatif dapat memicu pelepasan sitokin pro inflamasi salah satunya adalah *Tumor Necrosis Factor* (TNF- α). TNF- α merupakan sitokin utama yang menyebabkan inflamasi akut dan berperan besar terhadap perkembangan patogenesis penyakit paru obstruktif kronis akibat rokok. Penekanan pelasan TNF- α menjadi indikator kemampuan suatu bahan dapat melindungi tubuh dari paparan asap rokok [8].

Andaliman merupakan tumbuhan yang biasanya digunakan untuk bumbu dalam masakan khas Batak Toba dalam olahan arsik dan masakan khas lainnya. Kandungan metabolit sekunder andaliman seperti Flavonoid, alkaloid terpene, alkaloid benzophenthridine, pyranoquinoline alkaloid, kwarter isoquinoline alkaloid, alkaloid aporphyrine dan beberapa jenis lignin yang besar potensinya sebagai antioksidan [9]. Penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa andaliman dapat digunakan sebagai antioksidan, antitumor, nyeri, muntah, diare, dan antihistamin [10].

Dalam hal penanganan kondisi ini, upaya preventif dan kuratif dibutuhkan. Jika dilihat tingkat mortalitasnya untuk perokok pasif, upaya preventif menjadi target peneliti karena dapat menekan dampak negatifnya dengan meningkatkan kemampuan tubuh dalam melindungi dan menekan inflamasi yang disumbangkan oleh asap rokok [11]. Peneliti menggunakan biofilter alami sebagai perantara untuk menyaring asap rokok sehingga paparannya dapat dikendalikan.

2. METODE

Alat: Blender (Philips), Oven (Mommert), Pengaduk, silika gel 60 F254 (Merck, Germany), Ayakan 100 dan 250 mesh, analytical balance (Shimadzu), selang bening, kandang hewan coba, seperangkat alat bedah, hot plate, microtube, mikropipet (Eppendorf), vortex (Shimadzu), dan 96-well ELISA microplate (Komabiotek, Korea), kit TNF- α (Komabiotek, Korea), dan Elisa reader.

Bahan: Andaliman, rokok kretek, PEG 0,3 ml, Aquades 99% (Bratachem), Formalin 10% (Bratachem), Xylol, NaCl fisiologis, standard protein TNF- α (Komabiotek), streptavidin-HRP conjugate (Komabiotek), tetramethylbenzidine (TMB) (Komabiotek), dan stop solution (Komabiotek).

Prosedur Penelitian

Pengumpulan Sampel

Andaliman diperoleh dari Desa Samosir, Kabupaten Toba Samosir, Sumatera Utara secara purposive sampling.

Pembuatan Serbuk Andaliman

Andaliman dicuci bersih dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, ditiriskan, dan dikeringkan dengan cara dianginkan agar tidak terlalu basah. Pengeringan dilakukan dua dalam oven dengan suhu terkontrol sekitar 40–50°C, atau menggunakan alat pengering vakum untuk menjaga kandungan senyawa aktifnya. Proses ini berlangsung hingga andaliman mencapai kondisi yang cukup kering dan renyah sehingga mudah digiling atau dihaluskan. Serbuk andaliman yang sudah jadi kemudian disimpan dalam wadah kedap udara agar terhindar dari kelembaban dan oksidasi yang dapat merusak senyawa aktifnya [13].

Skrining Fitokimia Serbuk Simplisia Andaliman dengan Metode *Thin Layer Chromatography*

Pemeriksaan skrining fitokimia pada simplisia dilakukan dengan metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Fase diam yang digunakan yaitu plat yang dilapisi dengan silika gel 60 F254 (Merck, Germany) berukuran 10 x 5 cm. Selanjutnya plat dimasukkan ke dalam chamber yang telah jenuh dengan uap fase gerak. Fase gerak yang digunakan sesuai dengan pemeriksaan yang dilakukan. Setelah pengembangan selesai plat dikeluarkan dan dikeringkan, lalu plat disemprotkan dengan penampak bercak dan dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 5 menit lalu diamati perubahan warna yang terjadi

Pembuatan Biofilter alami

Serbuk andaliman dicampurkan dengan PEG. Diaduk hingga homogen dari masing-masing variasi sampel. Dicitak dengan selang/pipa pada pipa dengan panjang 7 mm, didiamkan hingga memadat, dan dilepaskan dari cetakan dan dikeringkan ke dalam oven dengan suhu 150°C selama 20-30 menit [13].

Pemasangan Biofilter Andaliman ke Wadah Mencit

Satu sisi disambungkan pada rokok kretek dan sisi lain disambung pada pipet sebagai tabung pengukuran. Kemudian, di sisi lain dari pipet tetes disambung dengan pipa berdiameter 7 mm sepanjang 20 cm dan berakhir dengan suntikan yang mengalirkan asap dalam pipet ketika rokok menyala [13].

Perlakuan ke Hewan

Mencit dipersiapkan dengan menyesuaikan pakan dan aklimatisasi mencit. Mencit dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok yang terpapar asap rokok tanpa biofilter dan terpapar dengan menggunakan biofilter alami. Biofilter berbahan andaliman dipasang pada rokok kretek dan dilakukan pengambilan asap. Pengambilan asap rokok dengan cara membakar rokok. Kemudian dihisap dengan menarik suntikan secara berkala hingga asap mengalir dan terkumpul pada pipet pengukuran dan tabung pengisap [14] [15].

Penyiapan Serum Uji

Pengambilan serum, darah ditampung dalam tabung, disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3000-4000 rpm hingga terpisah antara supernatan dan endapannya [16]. Lapisan supernatan diambil dengan menggunakan spuit dan ditampung di dalam mikrotube [17].

Pengukuran Kadar/Ekspresi TNF- α

Disiapkan alat dan bahan, dicuci plate 3 kali menggunakan 300 μ L *wash buffer* ke setiap lubang. Setelah pencucian terakhir, balikkan plate untuk menghilangkan sisa larutan, ditambahkan 100 μ L standar, sampel dan kontrol negatif ke setiap lubang, ditutup dan diinkubasi selama 2 jam pada suhu 37°C terlindung dari cahaya. Plate dibersihkan dengan *wash buffer* 4 kali tambahkan 100 μ L antibodi pendeteksi ke setiap lubang dan diinkubasi selama 2 jam pada suhu 37°C terlindung dari Cahaya [18]. Dicuci plate dengan *wash buffer* 4 kali kemudian ditambahkan 100 μ L larutan streptavidin-HRP masukkan ke setiap lubang ditutup dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C terlindung dari Cahaya [19]. Dicuci plate dengan menggunakan *wash buffer* 4 kali tambahkan 100 μ L TMB solution ke setiap lubang dan diinkubasikan 15–30 menit pada suhu 37°C, terlindung dari cahaya. Diamati perubahan warna dalam sumur akan berubah dan ditambahkan 100 μ L SDS pada setiap lubang dan diamati perubahan warna menjadi warna kuning. Dibaca serapan menggunakan microplate reader pada panjang gelombang 450 nm dan dihitung kadarnya [20].

3. HASIL

Hasil Pemeriksaan Makroskopik Dan Karakterisasi Simplisia

Simplisia andaliman kering diperoleh dari buah andaliman yang telah dikeringkan dengan metode pengeringan sinar matahari tidak langsung. Hasil pengamatan makroskopik menunjukkan bahwa simplisia berbentuk bulat kecil, berwarna coklat kehitaman, berpermukaan kasar dengan permukaan luar terdapat tonjolan duri kecil khas buah andaliman. Simplisia memiliki aroma khas yang menyengat, rasa getir, sedikit pedas, dan meninggalkan sensasi kesemutan di lidah.

Karakterisasi Simplisia

Karakterisasi simplisia dilakukan untuk mengetahui kualitas dan kemurnian bahan baku sebelum diekstraksi. Berikut adalah hasil parameter yang diperoleh :

Tabel 1. Karakterisasi simplisia

Parameter	Hasil	Syarat Farmakope
Kadar air	8,5%	Maks. 10%
Kadar abu total	4,2%	Maks. 6%
Kadar abu tidak larut HCl	1,1%	Maks. 2%
Kadar ekstrak etanol	18,6%	Sesuai
Kadar ekstrak air	12,3%	Sesuai

Skrining Fitokimia Senyawa Ekstrak Andeliman dengan metode *Thin Layer Chromatography*

Penentuan golongan senyawa kimia simplisia dan dilakukan untuk mendapatkan informasi golongan senyawa metabolit sekunder yang terdapat di dalamnya. Adapun pemeriksaan yang dilakukan terhadap simplisia dan ekstrak adalah pemeriksaan golongan senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, glikosida dan steroid/triterpenoid. Andeliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) merupakan tanaman asli dari wilayah Sumatera Utara yang secara tradisional digunakan sebagai bumbu masakan, namun berbagai penelitian telah mengungkapkan potensi farmakologisnya yang signifikan. Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa buah andaliman mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan minyak atsiri, yang berperan dalam aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, dan antikanker.

4. PEMBAHASAN

Skrining Fitokimia Senyawa Ekstrak Andeliman dengan metode *Thin Layer Chromatography*

Penentuan golongan senyawa kimia simplisia dan dilakukan untuk mendapatkan informasi golongan senyawa metabolit sekunder yang terdapat di dalamnya. Adapun pemeriksaan yang dilakukan terhadap simplisia dan ekstrak adalah pemeriksaan golongan senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, glikosida dan steroid/triterpenoid. Andeliman merupakan tanaman asli dari wilayah Sumatera Utara yang secara tradisional digunakan sebagai bumbu masakan, namun berbagai penelitian telah mengungkapkan potensi farmakologisnya yang signifikan. Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa buah andaliman mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan minyak atsiri, yang berperan dalam aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, dan antikanker.

Penelitian oleh [20] melaporkan bahwa ekstrak etanol buah andaliman memiliki aktivitas antioksidan yang cukup kuat, dengan nilai IC₅₀ pada uji DPPH sebesar 87,34 µg/mL. Nilai ini menunjukkan bahwa ekstrak andaliman mampu menangkal radikal bebas yang berperan dalam memicu stres oksidatif. Aktivitas antioksidan ini menjadi dasar penting dalam mencegah aktivasi jalur inflamasi yang dipicu oleh paparan zat toksik seperti asap rokok. Dalam konteks inflamasi, studi oleh [20] menunjukkan bahwa pemberian ekstrak andaliman mampu menurunkan ekspresi sitokin proinflamasi seperti IL-6 dan TNF-α pada model hewan yang mengalami peradangan akut.

Penurunan ekspresi ini menunjukkan adanya efek imunomodulator yang dapat menstabilkan respon imun tubuh terhadap rangsangan inflamasi. Hasil ini sejalan dengan temuan dalam penelitian Anda, di mana kadar TNF-α pada mencit yang diberi andaliman menurun secara signifikan dibandingkan kelompok yang hanya terpapar

asap rokok. Lebih lanjut, penelitian lain oleh [19] menunjukkan bahwa ekstrak andaliman juga memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri Gram positif dan negatif, serta bersifat sitotoksik terhadap beberapa sel kanker *in vitro*. Hal ini mengindikasikan bahwa andaliman memiliki efek luas sebagai agen biologis aktif, termasuk dalam mengurangi potensi kerusakan jaringan yang disebabkan oleh inflamasi kronis.

Kandungan flavonoid pada andaliman, seperti quercetin dan rutin, diduga berperan dalam menghambat aktivasi NF- κ B, yaitu faktor transkripsi utama yang mengatur ekspresi gen-gen inflamasi, termasuk TNF- α . Aktivasi NF- κ B biasanya terjadi sebagai respon terhadap stres oksidatif atau rangsangan toksik seperti asap rokok, sehingga inhibisi jalur ini menjadi target penting dalam upaya preventif terhadap penyakit berbasis inflamasi.

Minyak atsiri yang terdapat dalam andaliman juga memiliki efek relaksan dan antiinflamasi ringan yang dapat mendukung efek biofilter alami, terutama jika digunakan dalam bentuk aromaterapi atau difusi di udara. Ini menunjukkan potensi aplikatif andaliman tidak hanya dalam bentuk oral, tetapi juga sebagai komponen inhalasi untuk perlindungan terhadap polusi udara ringan seperti asap rokok.

Meskipun berbagai studi telah menunjukkan manfaat biologis dari andaliman, belum banyak penelitian yang secara spesifik mengevaluasi potensi andaliman sebagai biofilter terhadap paparan asap rokok secara langsung. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi penting dengan membuka peluang baru pemanfaatan andaliman dalam bidang kesehatan preventif berbasis herbal. Potensi andaliman sebagai agen preventif sangat menjanjikan karena bahan ini berasal dari sumber alam lokal yang mudah didapat dan telah digunakan secara turun-temurun. Dukungan bukti ilmiah dari berbagai penelitian sebelumnya memperkuat argumen bahwa andaliman dapat dikembangkan menjadi produk biofilter alami yang efektif dan aman [22].

Pengukuran Kadar/Ekspresi TNF- α

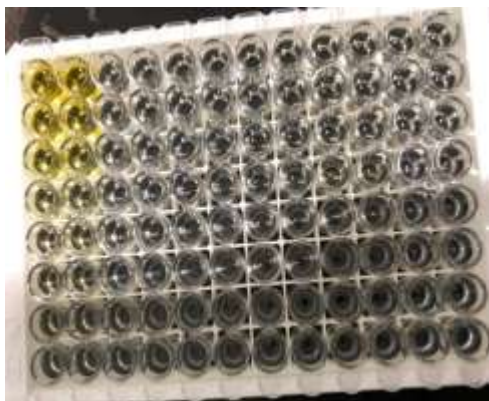
Pemeriksaan pengaruh ekstrak terhadap kadar TNF- α dilakukan menggunakan metode ELISA yang dibaca absorbansi dengan *microplate reader* pada panjang gelombang 450 nm. Kadar TNF- α terhadap perlakuan terhadap perlakuan andaliman dosis 50; 100; 200; 400 mg/kgBB diperoleh hasil dengan pengukuran absorbansi dengan adanya penambahan larutan standar 62; 125; 250; 500; 1000; 2000; dan 4000 pg/mL.

Tabel 2. Pengaruh Ekstrak *andaliman* Terhadap Kadar TNF- α

Kelompok	Kadar TNF- α (pg/mL) (Rata-rata $\pm$ SEM)
Kelompok negatif	224,62 $\pm$ 3,02
Ekstrak 50 mg/kgBB	376,25 $\pm$ 3,6 ^a
Ekstrak 100 mg/kgBB	445,30 $\pm$ 3,02 ^a
Ekstrak 200 mg/kgBB	618,11 $\pm$ 4,02 ^a
Ekstrak 400 mg/kgBB	734,10 $\pm$ 6,2 ^a

Keterangan:

- a. Sig (P)<0,05 ada perbedaan yang signifikan dengan kelompok kontrol negatif



Gambar 2. Hasil Pengukuran Data

Pengaruh perlakuan terhadap nilai kadar TNF- α pada hewan menunjukkan ada pengaruh perlakuan yang signifikan terhadap perubahan nilai kadar TNF- α . Pengaruh perlakuan terhadap kadar TNF- α pada tikus berpengaruh signifikan terhadap perubahan nilai kadar TNF- α ($p < 0,05$). Hasil pengukuran kadar TNF- α menggunakan metode *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) menunjukkan bahwa kelompok mencit yang terpapar asap rokok tanpa perlakuan andaliman memiliki kadar TNF- α tertinggi dibandingkan kelompok lainnya. Rata-rata kadar TNF- α pada kelompok ini mencapai 256,3 pg/mL, menunjukkan adanya respons inflamasi yang tinggi akibat paparan asap rokok secara kontinu. Sebaliknya, kelompok kontrol negatif (tanpa paparan asap rokok dan tanpa perlakuan) menunjukkan kadar TNF- α terendah, yaitu 82,7 pg/mL. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam kondisi normal tanpa paparan zat toksik, ekspresi sitokin pro-inflamasi seperti TNF- α tetap berada dalam batas fisiologis yang wajar [23].

Kelompok mencit yang diberikan perlakuan ekstrak etanol andaliman sebelum paparan asap rokok menunjukkan penurunan kadar TNF- α yang signifikan dibandingkan kelompok paparan tanpa perlakuan. Terdapat penurunan kadar menjadi rata-rata 142,5 pg/mL, yang menunjukkan potensi aktivitas antiinflamasi dari andaliman. Penurunan ekspresi TNF- α ini diduga kuat berkaitan dengan senyawa aktif dalam ekstrak andaliman, terutama flavonoid dan alkaloid, yang berperan sebagai antioksidan dan imunomodulator. Flavonoid diketahui mampu menghambat aktivasi NF- κ B, yaitu faktor transkripsi yang mengatur ekspresi gen pro-inflamasi, termasuk TNF- α . Paparan asap rokok mengandung berbagai senyawa toksik seperti nikotin, karbon monoksida, formaldehid, dan radikal bebas yang dapat memicu stres oksidatif dan menyebabkan kerusakan jaringan. Kondisi ini akan merangsang aktivasi sistem imun, khususnya makrofag, yang selanjutnya memproduksi sitokin pro-inflamasi sebagai respons perlindungan awal terhadap paparan racun [21].

Peningkatan TNF- α secara terus-menerus akibat paparan asap rokok berisiko menimbulkan kerusakan jaringan paru dan pembuluh darah, serta berkontribusi pada proses inflamasi kronik. Oleh karena itu, upaya preventif dengan penggunaan agen biofilter alami seperti andaliman sangat penting untuk menekan efek inflamasi sejak awal. Dalam penelitian ini, pemberian ekstrak andaliman berperan sebagai agen pencegah (preventif) yang diduga mampu menstabilkan kadar sitokin dengan menekan produksi berlebih akibat toksin. Efek ini bukan hanya menunjukkan potensi terapeutik, tetapi juga memberikan landasan untuk pengembangan bahan alami sebagai strategi mitigasi terhadap polusi rokok [22].

Selain itu, penggunaan biofilter alami dari tumbuhan seperti andaliman bersifat lebih ramah lingkungan dan memiliki risiko efek samping yang lebih rendah dibandingkan terapi farmakologis konvensional. Hal ini membuka peluang untuk penggunaan andaliman sebagai bahan aktif dalam produk kesehatan preventif, seperti masker herbal, aromaterapi, atau suplemen. Hasil ini juga mendukung penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa andaliman memiliki aktivitas antioksidan tinggi yang dapat menetralkan radikal bebas dan mengurangi stres oksidatif [23].

Dengan menurunnya stres oksidatif, maka jalur inflamasi dapat ditekan sehingga kadar TNF- α tidak meningkat drastis. Secara keseluruhan, penurunan kadar TNF- α pada kelompok perlakuan menunjukkan bahwa andaliman memiliki potensi yang signifikan sebagai biofilter alami terhadap paparan asap rokok. Untuk mendukung hasil ini, diperlukan penelitian lanjutan mengenai dosis optimal, mekanisme molekuler yang lebih spesifik, serta uji toksisitas jangka panjang untuk memastikan keamanan penggunaannya sebagai bahan intervensi preventif [23].

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) mampu menurunkan kadar ekspresi TNF- α secara signifikan pada mencit yang terpapar asap rokok. Penurunan kadar TNF- α ini diduga kuat berkaitan dengan kandungan flavonoid dan alkaloid dalam andaliman yang berfungsi sebagai antioksidan dan imunomodulator. Mekanisme ini menunjukkan potensi andaliman sebagai agen antiinflamasi alami yang efektif dalam menghambat respon inflamasi akibat stres oksidatif. Dengan sifatnya yang ramah lingkungan dan risiko efek samping yang rendah, andaliman berpotensi dikembangkan sebagai biofilter alami

untuk mencegah dampak buruk paparan asap rokok. Namun demikian, diperlukan penelitian lanjutan untuk menentukan dosis optimal, keamanan jangka panjang, serta efektivitas aplikatif pada manusia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terimakasih kepada Kemdikristek yang sudah memberikan dana penelitian kepada peneliti sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ulfa AS, Damayanti R. Dinamika Determinan Parental: Studi Kualitatif Pola Asuh Orang Tua pada Perokok Balita di Indonesia. *Perilaku dan Promosi Kesehat Indones J Heal Promot Behav*. 2023;5(1):1.
2. Sarina Jamal, Henni Kumaladewi Hengky, Amir Patintingan. Pengaruh Paparan Asap Rokok Dengan Kejadian Penyakit Ispa Pada Balita Dipuskesmas Lompoe Kota Parepare. *J Ilm Mns Dan Kesehat*. 2022;5(1):494–502.
3. Higashi Y. Smoking cessation and vascular endothelial function. *Hypertens Res*. 2023;46(12):2670–8.
4. Kim J, Song H, Lee J, Kim YJ, Chung HS, Yu JM, et al. Smoking and passive smoking increases mortality through mediation effect of cadmium exposure in the United States. *Sci Rep [Internet]*. 2023;13(1):1–11. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30988-z>
5. Syahraeni, Henni Kumaladewi Hengky, Ayu Dwi Putri Rusman. Pengaruh Paparan Asap Rokok Di Rumah Pada Wanita Terhadap Kejadian Hipertensi Di Wilayah Kerja Puskesmas Madising Na Mario Kota Parepare. *J Ilm Mns Dan Kesehat*. 2022;5(2):199–207.
6. Abidin J, Pakpahan RA, Samosir K, Azizah E. Paparan Bahaya Asap Rokok Pada Tubuh Sebagai Upaya Mengurangi Minat Merokok Sebagai Antisipasi Kecanduan Merokok Pada Anak-Anak Remaja. *J Dharma Jnana*. 2024;4(2):95–101.
7. Baenziger ON, Ford L, Yazidjoglou A, Joshy G, Banks E. E-cigarette use and combustible tobacco cigarette smoking uptake among non-smokers, including relapse in former smokers: Umbrella review, systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2021;11(3):1–11.
8. Shetty BSP, Chaya SK, Sravan Kumar V, Mahendra M, Jayaraj BS, Lokesh KS, et al. Inflammatory biomarkers interleukin 1 beta (IL-1 β) and tumour necrosis factor alpha (tnf- α) are differentially elevated in tobacco smoke associated copd and biomass smoke associated copd. *Toxics*. 2021;9(4):72.
9. Eprillia Br Ginting L, Kotsasi F, Chiuman L, Nadapdap T, Pardianto G. Efektivitas antimikroba ekstrak buah andaliman terhadap bakteri *Klebsiella pneumoniae*. *Bul Kedokt dan Kesehat Prima*. 2023;2(2):27–31.
10. Sihite NW, Hutasoit MS. Potensi Bahan Pangan Lokal Indonesia Sebagai Pangan Fungsional Dan Manfaatnya Bagi Kesehatan :Review. *J Ris Gizi*. 2023;11(2):133–8.
11. Jain D, Chaudhary P, Varshney N, Bin Razzak KS, Verma D, Khan Zahra TR, et al. Tobacco Smoking and Liver Cancer Risk: Potential Avenues for Carcinogenesis. *J Oncol*. 2021;2021.
12. Parawansah P, Nuralifah N, Yulfa Y. Fraksi Ekstrak Etanol Buah Pare (*Momordica charantia* L.) Sebagai Antiinflamasi Terhadap Kadar Tumor Necrosis Factor Alpha (TNF- α). *J Syifa Sci Clin Res*. 2022;4(1):10–7.
13. Mulyono A, Azhar H. The Effect of Cigarette Smoke through Biofilters with Natural Plant Materials on Mice MDA Level. *Med J Islam Repub Iran*. 2021;35(29 Dec):182.
14. Antari NWS. The Activity Test of Dewandaru Fruit (*Eugenia uniflora* L.) in Trachea of Male Mice (*Mus musculus* L.) Which Exposed to Cigarette Smoke. *J Pijar Mipa*. 2024;19(1):125–30.
15. Ulfa SR, Novita B, Susanto A, Tangerang SY. Effect of Decoction of Bajakah Stems (*Spatholobus littoralis* Hassk) With Cigarette Smoke Exposure to Ovarian Morphometry of Mice (*Mus musculus*). *Nusant Hasana J*. 2022;1(9):65–9.
16. Speciale A, Muscarà C, Molonia MS, Toscano G, Cimino F, Saija A. In Vitro Protective Effects of a Standardized Extract From *Cynara Cardunculus* L. Leaves Against TNF- α -Induced Intestinal Inflammation. *Front Pharmacol*. 2022;13(February):1–11.
17. Sihombing YR, Anna R, Marbun T, Aminah S, Siska F. Effect of guazuma ulmifolia lamk . extract on interleukin-1 and interleukin-2 levels as immunomodulatory agent candidates. *Sci Midwifery*. 2024;12(4):1493–9.
18. Kusmardi K, Yasmin Khalilah R, Zuraidah E, Estuningtyas A, Tedjo A. The Effect of Pomegranate Peel Ethanol Extract to TNF- α Expression of Mice Colonic Epithelial Cells Induced Using Dextran Sodium Sulfate (DSS). *Pharmacogn J*. 2022;14(3):480–8.
19. Azizah RN, Kamri AM, Asmaliani I, Karisa A. Pengaruh Suplementasi Teh Krokot (*Portulaca oleraceae* L.) Terhadap Penurunan Kadar Sitokin Tikus Rheumatoid Arthritis. *J Mandala Pharmacon Indones*. 2024;10(1):250–8.
20. Ma Y, Bao M, Peng Y, Gao J, Bao J. Eco-friendly Nanoparticles Synthesized from *Salvia sclarea* Ethanol

- Extract Protect against STZ-induced Diabetic Nephropathy in Rats via Antioxidant, Anti-inflammatory, and Apoptosis Mechanisms. *J Oleo Sci.* 2024;73(8):1057–67.
21. Marbun RA, Sitorus P. Immunomodulatory effect of *Artemisia vulgaris* L. ethanol extract and its marker compound on antibody and cytokine release in non-immunosuppressed and immunosuppressed rats. *Tropical Journal of Natural Product Research.* 2025 Mar 1;9(3).
 22. Marbun RA, Situmorang N, Wahyuni S. The effect of immunomodulator by extract ethanol of herba binara (*artemisia vulgaris* l.) Toward the response of delayed-type hypersensitivity in rat male. *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal.* 2018 Oct 17;1(1):17-21.
 23. Situmorang NB, Marbun RA. Formulation and Evaluation of Maggot Extract Nanocream (*Hermatia illucens*) as a Future Anti-Aging Candidate. *Jurnal Farmasimed (JFM).* 2025 Apr 30;7(2):143-50.