



Uji Efektivitas Soda Pinus Sebagai Agen Antimikroba Alami Menggunakan Metode Difusi Cakram

Agistha Dwi Lestari¹, Ardi Mustakim²

¹⁻² Universitas Adiwangsa Jambi

Alamat: JL. Sersan Muslim RT.24, Thehok, Jambi Selatan, Kota Jambi, Jambi, 36138

Korespondensi Penulis: agistahagistah@email.com

Abstract: Pine soda is a natural fermented liquid from pine needles (*Pinus merkusii*) which has a distinctive aroma and contains bioactive compounds with potential as antimicrobial agents. This study aims to determine the antibacterial activity of pine soda against *Staphylococcus aureus* using the disc diffusion method and to compare its effectiveness with the antibiotic ampicillin as a positive control. The process of making pine soda is carried out through simple fermentation of *Pinus merkusii* pine needles under certain conditions to produce a fragrant liquid. Furthermore, qualitative tests are carried out to identify the content of bioactive compounds, such as flavonoids, phenols, and essential oils, which are known to have antibacterial properties. In the antibacterial activity test, paper discs that have been soaked in pine soda solutions with graded concentrations (2%, 4%, 6%, 8%, and 10%) are placed on agar media that have been inoculated with *S. aureus*. The results of the observation showed the presence of inhibition zones in each treatment with varying sizes. The largest inhibition zone was obtained at a concentration of 10% with a diameter of 10 mm, which is included in the medium inhibition category. As a comparison, ampicillin produced an inhibition zone of 26.3 mm, while distilled water, the negative control, showed no inhibition zone. These findings indicate that the antibacterial activity of pine soda is influenced by its bioactive compound content, although its effectiveness is still lower than that of standard antibiotics. This potential opens up opportunities for developing pine soda as a safe natural antibacterial agent, whether in the form of health products such as antiseptics, natural cleaners, or functional beverages that support body health. Further research is needed to optimize the fermentation process, increase the concentration of active compounds, and test its effectiveness against various types of pathogenic bacteria.

Keywords: Pine soda, Natural antimicrobial agent, Disc diffusion method, Antibacterial activity, *Staphylococcus aureus*.

Abstrak. Soda pinus merupakan cairan hasil fermentasi alami dari daun pinus (*Pinus merkusii*) yang memiliki aroma khas serta mengandung senyawa bioaktif dengan potensi sebagai agen antimikroba. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri soda pinus terhadap *Staphylococcus aureus* menggunakan metode difusi cakram serta membandingkan efektivitasnya dengan antibiotik ampisilin sebagai kontrol positif. Proses pembuatan soda pinus dilakukan melalui fermentasi sederhana daun pinus *Pinus merkusii* pada kondisi tertentu hingga menghasilkan cairan beraroma harum. Selanjutnya dilakukan uji kualitatif untuk mengidentifikasi kandungan senyawa bioaktif, seperti flavonoid, fenol, dan minyak atsiri, yang diketahui memiliki sifat antibakteri. Pada pengujian aktivitas antibakteri, kertas cakram yang telah direndam dalam larutan soda pinus dengan konsentrasi bertingkat (2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%) diletakkan pada media agar yang telah diinokulasi *S. aureus*. Hasil pengamatan menunjukkan adanya zona hambat pada setiap perlakuan dengan ukuran yang bervariasi. Zona hambat terbesar diperoleh pada konsentrasi 10% dengan diameter 10 mm, yang termasuk kategori daya hambat sedang. Sebagai pembanding, ampisilin menghasilkan zona hambat sebesar 26,3 mm, sedangkan aquadest sebagai kontrol negatif tidak menunjukkan adanya zona hambat. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri soda pinus dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktifnya, meskipun efektivitasnya masih lebih rendah dibandingkan antibiotik standar. Potensi ini membuka peluang pengembangan soda pinus sebagai agen antibakteri alami yang aman digunakan, baik dalam bentuk produk kesehatan seperti antiseptik, pembersih alami, maupun minuman fungsional yang mendukung kesehatan tubuh. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan proses fermentasi, meningkatkan konsentrasi senyawa aktif, serta menguji efektivitasnya terhadap berbagai jenis bakteri patogen lainnya.

Kata kunci: Soda pinus, Agen antimikroba alami, Metode difusi cakram, Aktivitas antibakteri, *Staphylococcus aureus*.

1. LATAR BELAKANG

Permasalahan ketahanan terhadap mikroba yang kian meluas disebabkan oleh penggunaan antibiotik yang berlebihan, mendorong perlunya menemukan agen antimikroba alternatif yang lebih bersahabat dengan lingkungan. Salah satu pendekatan yang saat ini banyak dieksplorasi adalah penggunaan bahan-bahan alami yang mengandung senyawa aktif dengan kemampuan antimikroba. Indonesia, yang diakui sebagai bangsa dengan keanekaragaman kehidupan, memiliki berbagai tanaman hutan yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan, salah satunya adalah pohon pinus (*Pinus Merkusii*).

Pohon pinus pertama kali dikenali di daerah Sipirok, Tapanuli Selatan, Sumatera Utara oleh seorang ahli botani dari Jerman yang bernama Dr. F. R. Junghuhn pada tahun 1841. Umumnya, pinus memiliki batang yang keras dan kayu, bersifat bulat, bercabang secara horizontal, dengan kulitnya yang retak-retak menyerupai saluran dan berwarna coklat, serta memiliki daun yang berbentuk jarum dalam susunan majemuk. Buahnya memiliki ujung perisai yang berbentuk jajar genjang, dengan bagian ujung yang merenggang, dapat tumbuh setinggi antara 20 hingga 40 meter dan diameternya bervariasi antara 30 hingga 60 cm. Tanaman ini tergolong sebagai spesies yang cepat berkembang dan tidak memerlukan syarat khusus untuk tumbuh. Pinus merkusii, yang lebih dikenal dengan sebutan tusam, merupakan salah satu tipe pohon industri dengan produk yang melimpah serta menjadi prioritas dalam upaya reboisasi. Jenis pohon ini masuk dalam klasifikasi pohon multifungsi yang senantiasa diperluas dan direncanakan untuk ditanam lebih luas di waktu mendatang, berfungsi sebagai sumber kayu, getah, dan konservasi lahan. (Cahyanti., et al 2015).

Pemakaian daun pinus dalam berbagai minuman bukanlah suatu hal yang asing. Sepanjang sejarah, berbagai kelompok masyarakat di berbagai belahan dunia telah lama memanfaatkan daun pinus sebagai komponen utama dalam beragam minuman tradisional. Minuman yang berbasis daun pinus pertama kali diabadikan di kawasan Asia Timur, terutama di negara Korea dan Jepang, di mana minuman tradisional dari daun pinus diakui memiliki berbagai khasiat bagi kesehatan, seperti meningkatkan kekuatan sistem imun dan membantu mengatasi masalah pernapasan. Daun pinus yang dipakai untuk pembuatan minuman ini umumnya berasal dari jenis pinus tertentu, seperti *Pinus densiflora* atau *Pinus sylvestris*, yang kaya dengan kandungan vitamin C dan antioksidan. Dalam beberapa tahun terakhir, soda pinus semakin meningkat popularitasnya seiring dengan tren minuman alami dan sehat. Banyak individu mencari opsi soda yang bebas dari zat kimia atau pemanis buatan, sehingga soda pinus menjadi alternatif yang menarik.

Daun dari pohon pinus menyimpan kemampuan yang relevan untuk alelopati, aktivitas antimikroba, produksi nanofiber, praktik budidaya, serta dampak sebagai larvasida. Selain itu, daun pinus diyakini mengandung bahan-bahan yang berpotensi untuk bertindak sebagai agen antibakteri, mencangkup senyawa fenolik dalam bentuk tanin dan senyawa-senyawa lain seperti alkaloid, flavonoid, saponin, serta terpenoid.

Untuk mengevaluasi keefektifan soda pinus sebagai agen melawan mikroba, diterapkan metode Difusi Cakram. Teknik ini adalah salah satu cara yang umum dan sederhana dalam menentukan potensi suatu senyawa dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pada metode ini, senyawa yang diuji dioleskan ke cakram kertas steril, yang kemudian diletakkan di atas media yang telah terinfeksi dengan bakteri yang sedang diteliti. Area jernih yang muncul di sekitar cakram menjadi indikasi adanya aktivitas antimikroba, dan ukuran diameter zona ini dapat digunakan untuk mengukur seberapa efektif senyawa tersebut. Hasil dari studi ini diharapkan dapat menawarkan alternatif pemanfaatan sumber daya alam sebagai agen antimikroba, sekaligus mendukung penggunaan keberagaman hayati lokal dalam konteks kesehatan dan perlindungan lingkungan. (Siregar dan Nugroho, 2020).

2. LANDASAN TEORI

Pemanfaatan sumber daya alam sebagai asal senyawa antimikroba semakin banyak dikaji karena dianggap lebih aman dan memiliki kemungkinan resistensi yang lebih rendah dibandingkan dengan antibiotik buatan. Salah satu sumber daya alam yang menunjukkan potensi sebagai agen antimikroba adalah daun pinus. Daun dari spesies tanaman genus pinus dikenal memiliki senyawa aktif seperti α -pinene, borneol, cineole, limonene, dan flavonoid, yang telah terbukti efektif dalam melawan berbagai jenis bakteri berbahaya.

Soda pinus merupakan hasil olahan cair yang diperoleh dari fermentasi daun pinus (*Pinus merkusii*) dalam kondisi tertentu, sehingga menghasilkan cairan aromatik yang kaya akan senyawa aktif, seperti fenol, terpenoid, dan flavonoid (Cahyanti et al., 2015). Proses fermentasi ini tidak hanya meningkatkan aroma khasnya, tetapi juga berpotensi memodifikasi kandungan bioaktif yang berperan dalam aktivitas biologis, termasuk sebagai agen antimikroba (Hidayati et al., 2018).

Potensi soda pinus sebagai antimikroba alami semakin menarik perhatian, mengingat peningkatan kasus resistensi bakteri terhadap antibiotik sintetis (Siregar & Nugroho, 2020). Senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya diyakini dapat menghambat pertumbuhan

mikroorganisme patogen dengan mekanisme kerja yang melibatkan kerusakan membran sel, penghambatan sintesis protein, atau gangguan metabolisme bakteri (Wulandari et al., 2019).

Tren kembali ke penggunaan produk herbal dan alami mendorong penelitian lebih lanjut terhadap soda pinus sebagai alternatif pengganti atau pelengkap antibiotik komersial (Santoso & Pratiwi, 2021). Selain itu, pemanfaatan bahan alam seperti daun pinus berkontribusi pada pengembangan produk kesehatan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Rahmawati et al., 2022). Dengan demikian, penelitian tentang soda pinus tidak hanya relevan dalam bidang kesehatan, tetapi juga sejalan dengan prinsip keberlanjutan. Senyawa-senyawa tersebut berfungsi dengan merusak susunan membran sel bakteri, meningkatkan kebocoran membran, serta mengakibatkan keluarnya isi sel, yang menghalangi pertumbuhan dan bahkan mengakibatkan kematian bakteri. Sebagai contoh, *a-pinene* dan *borneol* memiliki kemampuan untuk mengacaukan stabilitas membran lipid serta aktivitas enzim di dalam sel. Selain itu, flavonoid berperan dalam menghalangi pembentukan asam nukleat dan enzim-enzim vital pada metabolisme bakteri. (Li, Zhau, Hong, Quan, Yuan, Wang, 2019).

Untuk mengevaluasi kemampuan antibakteri dari bahan alami seperti soda pinus, diterapkan teknik difusi cakram. Teknik ini dilakukan dengan menaruh cakram kertas steril yang sudah disterilkan dan dicelupkan ke dalam larutan pengujian di atas media agar yang telah diinokulasi dengan mikroorganisme. Setelah proses inkubasi pada temperatur 37°C selama satu hari, akan terlihat zona inhibisi di sekitar cakram jika senyawa tersebut berhasil menahan perkembangan bakteri. (Listari, 2010).

Sebagai perbandingan, sering kali digunakan antibiotik konvensional seperti ampisilin, yang termasuk dalam kelompok antibiotik B-laktam dari kategori penisilin. Ampisilin bekerja dengan cara mencegah pembentukan dinding sel pada bakteri dengan cara mengikat enzim transpeptidase, yang menyebabkan sel bakteri rusak, terutama pada bakteri Gram positif serta beberapa jenis bakteri Gram negatif. Meskipun ampisilin memiliki jangkauan aksi yang luas, efektivitasnya dapat terganggu karena munculnya resistensi, seperti yang dihasilkan oleh enzim B-laktamase dari bakteri. (Costa et al., 2010).

Dengan demikian, studi ini bertujuan untuk menilai seberapa efektif soda pinus sebagai agen antimikroba alami melalui pengujian zona hambat pada *Staphylococcus aureus*, dan juga untuk membandingkan hasilnya dengan antibiotik ampisilin. Hasil dari uji ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan soda pinus sebagai antibakteri alami yang patut untuk dikembangkan lebih lanjut.

3. METODE PENELITIAN

A. Alat

Alat yang dipakai dalam studi ini meliputi Laminar Air Flow (LAF), inkubator dengan suhu 37°C, penghitung koloni, piring pemanas, timbangan presisi, wadah kimia, erlenmeyer, gelas ukur, cawan petri, lampu alkohol, pengaduk magnet, batang pengocok, sendok pengukur, pinset, mikropipet, dan jarum ose.

B. Bahan

Bahan-bahan yang dimanfaatkan dalam studi ini meliputi Soda Pinus, Nutrient Agar (NA), cakram berbahan kertas, air suling, pembungkus plastik, label kertas, alkohol semprot, spidol permanen, serta bakteri *S.aureus*.

C. Pengolahan Sampel

Sampel yang dipakai dalam penelitian ini terdiri atas daun dari pohon pinus (*Pinus Merkusii*) yang diambil dari area Kota Baru, Jambi. Sampel tersebut kemudian dicuci dengan aliran air yang jernih dan dikeringkan. Metode yang digunakan untuk mengeringkan adalah teknik pengeringan alami. Setelah dedaunan mengering, selanjutnya dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam botol reagen berkapasitas 100 ml. Di dalam botol reagen, ditambahkan air bersih hingga terisi penuh dan kemudian dimasukkan gula sebanyak 1-2 sendok teh. Kocok perlahan-lahan supaya gula larut dalam air. Botol ditutup rapat dan dibiarkan selama 3-5 hari.

Setelah dibiarkan, air yang berasal dari pinus itu akan menunjukkan karakteristik mirip dengan soda. Contohnya, jika dilakukan pengocokan akan terlihat gelembung, dan saat dibuka akan terdengar suara ledakan yang menunjukkan karbondioksida keluar ke atmosfer, sehingga ketika dituang, minuman bersoda atau karbonasi akan menghasilkan gelembung yang berdesis.

D. Uji Efektivitas Antibakteri

Uji antibakteri menggunakan soda pinus dilakukan dengan metode difusi cakram, di mana kontrol positif yang digunakan adalah Ampisilin dan kontrol negatifnya adalah Aquadest. Media yang digunakan untuk pengujian ini adalah Nutrient Agar (NA). Setelah media NA dicampur dengan kultur bakteri, biarkan selama 1-5 menit agar bakteri dapat menyerap dengan baik ke dalam media. Kemudian, letakkan kertas cakram yang telah direndam dalam berbagai konsentrasi sampel, termasuk kontrol positif (ampisilin) dan kontrol negatif (aquadest) di atas

media. Buat tanda di sekitar bagian bawah cawan petri dan inkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C. Selanjutnya, amati pertumbuhan koloni yang muncul di permukaan agar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi Soda Pinus

Penelitian ini menerapkan teknik ekstraksi meserasi. Daun pinus dicelupkan ke dalam 100 ml air selama lima kali dua puluh empat jam dengan adukan yang dilakukan sesekali. Produk utama dari metode ini adalah cairan soda yang mengeluarkan aroma segar, tajam, dan menenangkan. Aroma tersebut didominasi oleh senyawa terpenoid, terutama α -pinene, yang menyuguhkan wangi menyerupai getah pohon, kayu, serta dedaunan yang baru dipotong. Selain itu, juga terdapat aroma kamper, mint lembut, dan sedikit resin manis yang memberi kesegaran pada indera penciuman.

B. Uji Kualitatif Ekstrak Soda Pinus

Uji fitokimia adalah sebuah pengujian kualitatif yang bertujuan untuk menemukan adanya senyawa metabolit sekunder dalam contoh yang diuji. Pengujian ini dilaksanakan untuk mengenali senyawa-senyawa metabolit sekunder yang ada pada sampel. Temuan dari penelitian hasil uji fitokimia pada soda pinus menunjukkan bahwa daun pinus memiliki berbagai senyawa bioaktif, terutama yang termasuk dalam kelompok terpenoid serta resin.

C. Uji Aktivitas Antibakteri

Uji Aktivitas Antibakteri adalah sebuah pemeriksaan yang dilaksanakan untuk mengidentifikasi kemampuan suatu senyawa yang dicurigai memiliki sifat antimikroba. Proses pengujian ini dilakukan dengan teknik difusi yang memanfaatkan disk kertas pada media. Temuan dari pengujian aktivitas antibakteri dalam studi ini dapat diamati pada Tabel 1.

Dalam tes antibakteri dengan konsentrasi 2%, didapatkan rata-rata penghalangan sebesar 1 mm, yang menunjukkan bahwa konsentrasi 2% termasuk dalam kategori penghalangan lemah. Untuk konsentrasi 4%, rata-rata hambatan yang diperoleh sebesar 4 mm, juga masuk dalam klasifikasi lemah. Pada konsentrasi 6%, rata-rata daya penghalang yang diperoleh mencapai 6 mm, yang dianggap lemah. Sementara itu, untuk konsentrasi 8%, rata-rata penghalang yang didapat adalah 8 mm, sehingga tergolong dalam kategori sedang. Untuk konsentrasi 10%, rata-rata hambatan tercatat sebesar 10 mm, yang juga memasuki kelas penghalangan sedang. Di sisi lain, kontrol positif yang mengandung Ampisilin menunjukkan

daya penghalang dengan nilai 26,3 mm, sedangkan kontrol negatif yang menggunakan aquadest menunjukkan kemampuan penghalang sebesar 0 mm, yang berarti tidak ada penghambatan yang terjadi.

Tabel 1. Hasil Uji Antibakteri Soda Pinus (Pinus Merkusii)

Sampel	Zona hambat yang terbentuk (mm)			Rata-Rata (mm)	Kekuatan Hambat
	R1	R2	R3		
2%	2	1	0	1	Lemah
4%	4	5	3	4	Lemah
6%	6	8	5	6	Lemah
8%	8	7	9	8	Sedang
10%	11	9	10	10	Sedang
+	24	29	26	26,3	Resisten
-	0	0	0	0	Tidak Menghambat

Hasil dari uji antibakteri yang dilaksanakan menunjukkan adanya area tanpa warna yang terbentuk di sekitar kertas cakram. Area tanpa warna ini merupakan reaksi sensitivitas bakteri terhadap antibakteri yang diterapkan dalam penelitian ini.

Pemilihan soda pinus sebagai solusi kesehatan dipengaruhi oleh keberadaan senyawa fitokimia alami yang bermanfaat, bukti efektivitas antimikroba yang solid, dan karakter aromatiknya yang khas. Melalui proses pengolahan yang baik, soda pinus memiliki potensi untuk diubah menjadi produk herbal, antiseptik alami, suplemen, atau minuman fungsional yang aman dan memberikan manfaat bagi masyarakat luas.

Soda pinus mengandung zat bioaktif seperti α -pinene, borneol, flavonoid, cineole, dan limonene yang bermanfaat sebagai antibakteri, anti-inflamasi, ekspektoran, antioksidan, dan relaksasi. Dengan potensi tersebut, soda pinus bisa digunakan sebagai agen alami untuk mendukung kesehatan secara menyeluruh, khususnya dalam bentuk minuman herbal, antiseptik, atau terapi inhalasi. α -pinene merupakan senyawa utama dalam minyak esensial yang berasal dari daun pinus dan memiliki efek antibakteri. Cara kerjanya adalah dengan merusak membran sel bakteri, sehingga memicu kebocoran isi sel dan mengganggu proses metabolisme. Zat ini juga mampu menghalangi pembentukan biofilm dan memicu stres oksidatif di dalam sel bakteri, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada DNA, protein, dan membran sel. Efektivitas α -pinene paling terlihat pada bakteri Gram positif seperti *S.aureus*.

Borneol mempunyai karakteristik antibakteri yang bekerja dengan menghancurkan membran sel bakteri, yang menyebabkan pengeluaran isi sel dan gangguan fungsi vital. Di samping itu, borneol juga dapat menghambat enzim-enzim yang terlibat dalam metabolisme dan menghalangi pembentukan biofilm, yang mengarah pada kematian sel bakteri.

Flavonoid juga menunjukkan potensi antibakteri dengan merusak lapisan sel bakteri, mengganggu stabilitas dan permeabilitas membran, yang berakibat pada kebocoran isi sel. Lebih lanjut, flavonoid mampu menghambat aktivitas enzim krusial dalam proses metabolisme bakteri serta mengganggu proses sintesis asam nukleat (DNA dan RNA), yang menghambat pertumbuhan dan mempercepat kematian sel bakteri.

Cineole dan limonene memiliki karakteristik antibakteri melalui penghancuran struktur membran sel bakteri. Keduanya adalah senyawa yang bersifat lipofilik, yang memungkinkan mereka menembus lapisan lipid membran, mengakibatkan kebocoran ion dan isi vital sel, serta mengacaukan keseimbangan osmotik. Selain itu, cineole dan limonene juga mampu menghambat aktivitas enzim dan proses sintesis protein di dalam sel bakteri, yang mengarah pada gangguan metabolisme dan akhirnya memicu kematian sel bakteri.

5. KESIMPULAN

Konsentrasi 2% ekstrak soda pinus menunjukkan daya hambat rata-rata sebesar 1 mm, yang dianggap sebagai daya hambat lemah. Konsentrasi 4% ekstrak soda pinus menghasilkan kekuatan hambat rata-rata 4 mm, yang tergolong pada kategori kekuatan hambat yang lemah. Dengan ekstrak soda pinus pada konsentrasi 6%, kekuatan hambat rata-rata mencapai 6 mm, yang juga termasuk dalam kategori kekuatan hambat yang lemah. Saat menggunakan konsentrasi 8% ekstrak soda pinus, kekuatan hambat rata-rata tercatat sebesar 8 mm, yang masuk dalam kategori kekuatan hambat yang sedang. Terakhir, ekstrak soda pinus pada konsentrasi 10% memberikan kekuatan hambat rata-rata 10 mm, yang juga dikategorikan sebagai daya hambat sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, W. (2018). Uji efek antibakteri minyak atsiri rimpang temu kunci terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis* dan *Serratia marcescens* secara in vitro. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(3–4).
- Cahyanti, L. D., Sumarni, T., & Widaryanto, E. (2015). Potensi alelopat daun pinus (*Pinus merkusii*) sebagai bioherbisida pra tumbuh pada gulma krokot (*Portulaca oleracea*). *Gontor AGROTECH Science Journal*, 1(2), 21–31.
- Cahyanti, R., Lestari, S., & Putri, A. (2015). Potensi senyawa bioaktif dari *Pinus merkusii* sebagai agen antimikroba. *Jurnal Bioteknologi Indonesia*, 10(2), 85–92.
- Hidayati, N., Kurniawan, A., & Setiawan, B. (2018). Aktivitas antimikroba hasil fermentasi bahan alam. *Jurnal Sains Farmasi*, 14(1), 25–33.

- Lateka, J. A., Manurung, T., & Prang, J. D. (2019). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi getah pinus di Kabupaten Poso. *D'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 8(2), 127–133.
- Li, G., Zhao, H., Hong, J., Quan, K., Yuan, Q., & Wang, X. (2017). Antifungal graphene oxide-borneol composite. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2017.06.032>
- Listari, Y. (2010). Efektifitas penggunaan metode pengujian antibiotik isolat *Streptomyces* dari rizosfer familia Poaceae terhadap *Escherichia coli*. *Journal Online*, 1–6.
- Mayefis, D., Marliza, H., & Yufiradani. (2020). Uji aktivitas antibakteri ekstrak daun suruhan (*Peperomia pellucida* L. Kunth) terhadap *Propionibacterium acnes* penyebab jerawat. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 2(1), 35–41.
- Ministry of Health of the Republic of Indonesia. (2016). Indonesian health profile 2015. Ministry of Health of the Republic of Indonesia.
- Modul Praktikum Bakteriologi II Program Studi D III Analisis Kesehatan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya. (n.d.).
- Nomer, N., Duniaji, A., & Nocianitri, K. (2019). Kandungan senyawa flavonoid dan antosianin ekstrak kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) serta aktivitas antibakteri terhadap *Vibrio cholerae*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 8(2), 216.
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan pengujian aktivitas antibakteri starter yogurt dengan metode difusi sumuran dan metode difusi cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41–46.
- Rahmawati, D., Nugraha, R., & Syafitri, I. (2022). Pengembangan produk herbal berkelanjutan dari tanaman lokal. *Jurnal Penelitian Tanaman Obat Indonesia*, 28(3), 145–154.
- Santoso, H., & Pratiwi, Y. (2021). Eksplorasi tanaman hutan tropis sebagai bahan baku obat herbal. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 8(4), 233–241.
- Siregar, B. H., & Nugroho, A. (2020). Potensi ekstrak daun pinus (*Pinus merkusii*) sebagai bioherbisida terhadap gulma teki (*Cyperus rotundus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(4), 363–369.
- Siregar, T., & Nugroho, W. (2020). Resistensi bakteri terhadap antibiotik: Tantangan dan solusi. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 15(2), 59–66.