

## Karakterisasi Minyak Atsiri Daun Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*) Kota Pontianak dan Aktivitasnya Terhadap *Streptococcus mutans*

### *Characterization of The essential oil of Eucalyptus Leaves (Melaleuca leucadendra) from Pontianak City and Its Activity Against Streptococcus mutans*

Muhamad Agus Wibowo<sup>1\*</sup>, Rendi<sup>1</sup>, Warsida<sup>2</sup>, Puji Ardiningsih<sup>1</sup>, Afghani Jayuska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

\*E-mail: m.agus.wibowo@chemistry.untan.ac.id

### ABSTRACT

Eucalyptus plants can grow in the city of Pontianak, which is an area with peat soil, although in fact, this plant can grow well in swamps, sandy areas, and mangroves. The difference in the location where eucalyptus grows, causes a difference in the composition of the compounds contained in it, especially 1.8 cineol which is a potential compound to prevent dental caries. This study aims to isolate and characterize the essential oil of eucalyptus leaves from the city of Pontianak and determine its activity in inhibiting the *S. mutans* bacteria. This research was carried out in two stages: isolating, characterizing, and determining the chemical content of eucalyptus leaf essential oil from Pontianak using Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS). The second stage was to test the antibacterial activity in inhibiting the growth of *S. mutans* bacteria using the well diffusion method. The results of the isolation of essential oils obtained a yield of 0.58% (w/w) with a specific gravity characteristic of 0.9288 g/mL, a clear greenish-yellow color, and a characteristic smell of eucalyptus oil, and is soluble in 70% ethanol. GC-MS analysis showed that there were 29 compounds, with the main compound being 1.8 cineol as much as 55.71%. The results of the antibacterial activity test against *S. mutans* showed that the samples at all test doses were antibacteria with inhibition values of 9.03 mm (1.393 mg/well), 6.76 mm (0.697 mg/well), 6.53 mm (0.348 mg/well), and 5.39 mm (0.174 mg/well). The follow-up test showed that at all doses of the essential oil, it was bacteriostatic against *S. mutans* bacteria. From the study results, it can be concluded that Pontianak eucalyptus oil meets the standards of SNI 06-3954-2006 with 1.8 cineol as the main compound and has antibacteria properties against *S. mutans*.

**Keywords:** Bioactivity, Eucalyptus, *S. mutans*.

### PENDAHULUAN

Pontianak, merupakan daerah yang dilalui garis katulistiwa dan memiliki tanah yang sebagian besar berupa tanah gambut (Bapeda Pontianak, 2020). Walaupun bertanah gambut, di Pontianak juga dapat tumbuh tanaman kayu putih. Kemampuan ini karena kayu putih merupakan tumbuhan yang mampu tumbuh baik pada lahan-lahan marginal maupun di daerah rawa-rawa dan genangan air, mampu beradaptasi pada tanah dengan drainase jelek (Triana, 2018). Walaupun dapat tumbuh diduga memiliki kandungan kimia yang berbeda dengan kayu putih yang terdapat pada daerah lain.

Kandungan senyawa pada minyak kayu putih diketahui akan beragam berdasarkan habitat tumbuhnya (Wibowo *et al.*, 2021). Minyak kayu putih kota Singkawang yang merupakan daerah pesisir pantai yang berpasir memiliki kandungan 5 senyawa dominan yaitu 1.8 sineol (71,96%),  $\alpha$ -terpineol (11,44%),  $\beta$ -

caryopilen (1,78%),  $\alpha$ -pinen (1,77%), dan  $\beta$ -pinen (1,66%) (Wibowo *et al.*, 2021). Minyak kayu putih Desa Dolok Nauli, Kecamatan Parmaksian, Kabupaten Toba Samosir memiliki 5 kandungan senyawa dominan yang  $\alpha$ -pinen (24,49%), 1.8 sineol (23,94%),  $\beta$ -pinen (17,03%), trans-caryopilen (9,66%), dan  $\alpha$ -terpineol (8,96%) (Sembiring, 2019). Minyak kayu putih Yogyakarta juga memiliki kandungan senyawa dominan yang berbeda yaitu 1.8 sineol (46,46%), D (+) limonene (8,85%),  $\beta$ -caryopilen (6,14%),  $\alpha$ -terpineol (5,39%), dan  $\alpha$ -pinen (4,16%) (Pujiarti *et al.*, 2011). Walaupun komposisi senyawa dominan berbeda, dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa 1,8 sineol merupakan senyawa utama pada minyak kayu putih.

Adanya senyawa 1,8 sineol memberikan bahwa minyak kayu putih berpotensi digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* (Purwaningtyas *et al.*,

2019). Senyawa 1,8 sineol merupakan senyawa yang dapat membunuh bakteri gram positif dan negatif (Şimşek & Duman, 2017). Potensinya dalam menghambat pertumbuhan *S. mutans* maka minyak kayu putih juga berpotensi dalam mencegah terjadinya karies gigi. Hal ini karena, *S. mutans* merupakan bakteri yang dapat menyebabkan terjadinya karies gigi (Forssten *et al.*, 2010). Kemampuannya ini karena *S. mutans* dapat mengubah glukosa dan karbohidrat pada makanan menjadi asam melalui fermentasi sehingga pH gigi turun menjadi 4,5-5,5 yang akan menyebabkan terjadinya demineralisasi pada enamel gigi (Kathleen *et al.*, 2017; Apiandi *et al.*, 2020).

Tabel 1. Kandungan kimia minyak kayu putih pada beberapa daerah

Senyawa	Sumber minyak kayu putih		
	Singka wang (%)	Toba Samosi r (%)	Yogya karta (%)
1,8 sineol	71,96	23,94	46,46
$\alpha$ -terpineol	11,44	8,96	5,39
$\beta$ -caryopilen	1,78	-	6,14
$\alpha$ -pinen	1,77	24,49	4,16
$\beta$ -pinen	1,66	17,03	-
<i>trans</i> -caryopilen	-	9,66	-
limonen	-	-	8,85

Kajian literatur menunjukkan bahwa tanaman kayu putih dari kota Pontianak yang tumbuh di lahan gambut merupakan salah satu tanaman potensial penghasil minyak atsiri dengan kandungan senyawa dominannya adalah 1,8 sineol (Pujiarti *et al.*, 2011; Sembiring, 2019; Wibowo *et al.*, 2021). Adanya dugaan kandungan 1,8 sineol menjadikannya berpotensi sebagai penghambat pertumbuhan bakteri *S. mutans* yang merupakan bakteri penyebab terjadinya karies gigi (Purwaningtyas *et al.*, 2019). Walaupun senyawa 1,8 sineol merupakan senyawa utama, namun sifat fisika dan prosentase kandungan senyawa ini didalam minyak kayu putih Kota Pontianak tentunya akan memiliki karakteristik yang berbeda dikarenakan tempat tumbuhnya (Wibowo *et al.*, 2021). Berdasarkan uraian diatas, perlu lakukan kajian untuk menentukan sifat fisika dan kandungan kimia minyak kayu putih dari Kota Pontianak, serta menentukan aktivitasnya sebagai anti-mikroba terhadap *S. mutans*. Penelitian ini perlu mengingat belum pernah dilakukan penelitian yang mengkaji tentang kandungan senyawa dan uji aktivitas anti-

bakteri terhadap *S. mutans* dari minyak kayu putih (*M. leucadendra*) yang tumbuh di kota Pontianak.

## METODE

### Alat dan bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitaian ini adalah akuades, alkohol 70%, bakteri *Streptococcus mutans* ATCC-25175, daun kayu putih (*Melaleuca leucadendra*), Etil asetat, Media Mueller Hinton Agar (OXOID), Natrium Sulfat Anhidrat (MERCK), Nutrient Broth (MERCK), Nutrient Agar (MERCK). Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat destilasi, autoklaf (Hirayama), seperangkat alat gelas, hot plate (IKA), inkubator (Memmer), laminar (Clean Bench DK-DCB010), vortex (Heidolph), seperangkat alat kromatografi gas – spektroskopi masa (GC-MS Shimadzu QP2010S).

### Isolasi Minyak Atsiri Kayu Putih

Daun tumbuhan kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) yang digunakan berasal dari kota Pontianak, Kalimantan Barat dan telah dideterminasi di Laboratorium Biologi Universitas Tanjungpura. Isolasi minyak atsiri dari daun kayu putih dilakukan dengan destilasi uap terhadap 6 kg daun kayu putih segar. Destilasi dilakukan selama 4 jam pada suhu 100-105°C. Minyak atsiri yang diperoleh dikeringkan dengan natrium sulfat anhidrat (Wibowo *et al.*, 2021). Terhadap minyak yang diperoleh kemudian diukur rendemen dan bobot jenisnya (Supandi *et al.*, 2019).

### Analisis Kromatografi Gas - Spektroskopi Masa

Analisis kromatografi gas – spektroskopi masa minyak atsiri daun kayu putih dilakukan dengan alat GC-MS Shimadzu QP2010S (Wibowo *et al.*, 2021). Alat diseting menggunakan kolom kapiler RTX 5 panjang 30 m, gas pembawa helium, dan kecepatan alir 45,0 mL/menit, dengan energi ionisasi 70 eV. Temperatur kolom diatur pada suhu 50°C, dengan laju peningkatan temperatur dari 5°C/menit hingga suhu maksimum 240°C. Suhu detektor diatur pada 250°C dan suhu injektor 300°C.

### Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metoda difusi sumuran dengan diameter smuran sebesar 6 mm sebanyak 4 lubang dalam satu petri (Haryati *et al.*, 2017). Biakan *Streptococcus mutans* yang berumur sekitar 24 jam pada media NB, dioles merata dengan menggunakan cotton buds pada permukaan medium MHA, kemudian dibiarkan selama 5 menit. Setelah itu dipipet minyak atsiri konsentrasi 0,625%, 1,25%, 2,5% dan 5% (v/v) dengan mikropipet sebanyak 30  $\mu$ L untuk mendapatkan dosis sampel uji secara berturut-turut 0,174 mg/well, 0,358 mg/well, 0,697 mg/well, dan 1,393 mg/well. Dosis kontrol positif (amoxicilin) adalah 0,96  $\mu$ g/well dibuat dengan memipet kontrol positif konsentrasi 32  $\mu$ g/ml sebanyak 30. Kontrol negatif digunakan etil asetat PA. Zona bening yang terbentuk diukur dengan jangka sorong.

Uji aktivitas bakteriostatik dan bakteriosidal dengan cara mengambil satu ose pada area zona bening semua konsentrasi, lalu digoreskan ke permukaan media MHA dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 36° (Pankey & Sabath, 2004).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Isolasi dan Analisis Kandungan Senyawa**

Hasil destilasi uap terhadap 6 Kg daun kayu putih menghasilkan minyak atsiri sebanyak 37,5 mL dengan rendemen sebesar 0,58%. Minyak atsiri yang diperoleh berwarna hijau kekuningan, memiliki bau khas kayu putih, larut dalam etanol 70% dengan perbandingan 1:1 hingga 1:10. Pengukuran berat jenis terhadap minyak atsiri yang diperoleh memberikan nilai berat jenis sebesar 0,9288 g/mL.



Gambar 1. Minyak kayu putih hasil destilasi

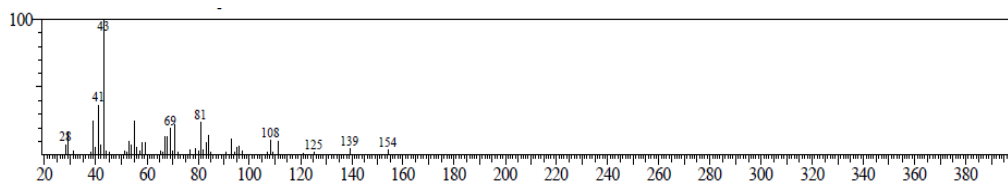
Analisis GC-MS terhadap minyak kayu putih menunjukkan bahwa minyak kayu putih Pontianak mengandung 28 senyawa dengan 5 senyawa dominan 1.8 sineol (55,71%), trans-caryopilen (8,61%), alfa-terpineol (4,40%), alfa-humulen (4,41%), alfa- bisabolol (3,56%), dan gamma-terpinen (3,54%), seperti terlihat pada Tabel 2. Dari hasil analisis juga menunjukkan bahwa terdapat 66,58% senyawa alkena teroksidasi dan 30,5% senyawa golongan alkena, seperti pada Gambar 3.

Keberadaan senyawa 1.8 sineol sebagai senyawa utama (55,71%) pada minyak kayu putih sampel Pontianak didukung oleh spektra massa dari puncak kromatogram dengan waktu retensi 14,558 menit (Gambar 2) yang merupakan senyawa 1.8 sineol. Dari spektra massa gambar 2 menunjukkan adanya puncak ion m/z 154 yang merupakan ion molekul dari senyawa 1.8 sineol (C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O). Selanjutnya puncak ion molekul m/z 154 mengalami fragmentasi dengan melepaskan -CH<sub>3</sub> menghasilkan fragmen [C<sub>9</sub>H<sub>15</sub>O]<sup>+</sup> dengan m/z 139. Fragmen ion dengan m/z 139 selanjutnya melepas C<sub>7</sub>H<sub>12</sub> menghasilkan fragmen [C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O]<sup>+</sup> dengan m/z 43 dan pelepasan -CH<sub>2</sub>

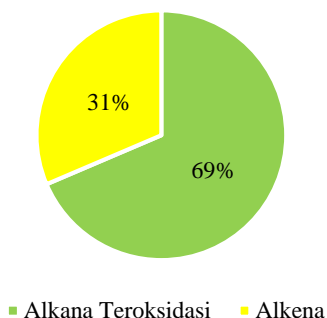
menghasilkan fragmen [C<sub>8</sub>H<sub>13</sub>O]<sup>+</sup> dengan m/z 125. Pelepasan -CH<sub>2</sub> menghasilkan fragmen [C<sub>7</sub>H<sub>11</sub>O]<sup>+</sup> dengan m/z 111. Pelepasan -H<sub>2</sub>CO menghasilkan fragmen [C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>]<sup>+</sup> dengan m/z 81. Pelepasan -C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> menghasilkan fragmen [C<sub>4</sub>H<sub>7</sub>]<sup>+</sup> dengan m/z 55. Pelepasan -CH<sub>2</sub> menghasilkan fragmen [C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>]<sup>+</sup> dengan m/z 41. Pelepasan -CH menghasilkan fragmen [C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>]<sup>+</sup> dengan m/z 28. Fragmen ion m/z 125 yang merupakan [C<sub>8</sub>H<sub>13</sub>O]<sup>+</sup> adalah hasil fragmentasi dari fragmen ion m/z 139 yang melepaskan -CH<sub>2</sub>. Fragmen m/z 125 selanjutnya akan melepaskan H<sub>2</sub>O menghasilkan fragmen [C<sub>8</sub>H<sub>11</sub>]<sup>+</sup> dengan m/z 107.

Tabel 2. Analisis komponen kimia GC-MS minyak atsiri (*Melaleuca leucadendra*) Pontianak

No	Nama Senyawa	Waktu Retensi (Menit)	Persen %
1	Alfa-Felandrena	10.462	0.46
2	Trans-Ocimena	10.741	2.02
3	Beta-Pinena	12.251	0.87
4	Beta-Mircena	12.374	1.41
5	Mircena	12.897	1.92
6	Sikloheksena	13.860	0.80
7	1,8-Sineol	14.555	55.71
8	Gamma-Terpinen	15.435	3.54
9	3-Okten-5-ine, 2,7-dimetil-,	16.460	1.49
10	Sitronella	18.602	0.34
11	Terpineol	19.514	1.02
12	Alfa Terpineol	20.006	4.40
13	Tetradekena	24.699	0.19
14	2-Karene	25.441	0.14
15	Farnesol	25.575	0.18
16	Trans-Kariofilena	26.922	8.61
17	1,3,7-Oktatriena, 3,7-dimetil-	27.825	3.28
18	Megastigma	28.450	0.28
19	Alfa-Humulena	28.708	4.41
20	Gamma-Kadinena	29.140	0.26
21	1,6,10-Dodecatrien-3-ol	30.108	0.21
22	Longipinenepoxide	31.226	0.74
23	alpha-Bisabolol	31.359	3.56
24	1-Nonine	31.878	0.62
25	Naftalena	32.143	0.16

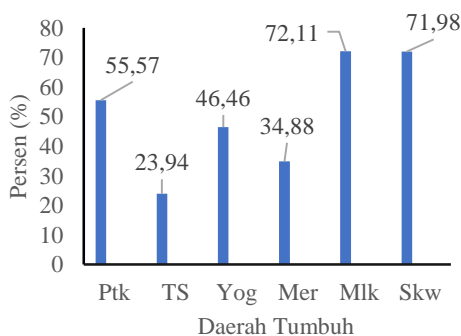


Gambar 2. Spektra massa puncak ke 7 dengan waktu retensi 14.558 menit



Gambar 3. Prosentase golongan senyawa

Dilihat dari sifat fisik minyak kayu putih asal Pontianak, dari sisi bau, warna, kelarutan dalam etanol 70%, dan berat jenisnya maka sampel memenuhi standar SNI. Berdasarkan kandungan sineol yang ada, maka memiliki kesamaan sifat dengan fisik dengan SNI. Hasil analisis sifat fisik dan kandungan senyawa dominan sampel minyak kayuputih menunjukkan bahwa, minyak atsiri yang dihasilkan, kualitasnya memenuhi standar SNI 06-3954-2006.



Gambar 4. Grafik kandungan 1,8 sineol minyak kayu putih berdasarkan daerah. (Keterangan: Ptk=Pontianak; TS=Toba Samosir; Yog=Yogyakarta; Mer=Merauke; Mlk=Maluku; dan Skw=Singkawang)

Berdasarkan kandungan sineol, maka minyak kayu putih Pontianak tergolong berkualitas baik, karena memiliki kandungan sineol 55,571% (BSN, 2005). Hal ini juga dapat dilihat jika kita membandingkan kandungan sineol pada beberapa

daeran seperti minyak kayu putih Desa Dolok Nauli, Kecamatan Parmaksian, Kabupaten Toba Samosir dengan kandungan 1,8 sineol sebesar 23,94% (Sembiring, 2019). Minyak kayu putih Yogyakarta yang diambil dari daerah sukun dan gundih dengan lahan tumbuh tanah liat dan berkapur mengandung senyawa dominan 1,8 sineol sebesar 46,46% (Pujiarti *et al.*, 2011). Minyak kayu putih Marauke diambil dari daerah Taman Nasional Wasur memiliki kandungan senyawa 1,8 sineol sebesar 34,88% (Widiyanto & Siarudin, 2014). Kandungan 1,8 sineol sampel pontianak masih kalah banyak jika dibandingkan dengan minyak kayu putih dari maluku dan singkawang. Minyak kayu putih Maluku yang diambil dari Desa Suli, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah memiliki kandungan 1,8 sineol sebesar 72,11%, sedangkan minyak kayu putih singkawan memiliki kadar sineol sebesar 71,98% (Efruan *et al.*, 2015; Wibowo *et al.*, 2021).

Tabel 3. Perbandingan sifat fisika sampel dengan Standar Nasional Indonesia 06-3954-2006 (BSN, 2005).

Sifat	SNI 06-3954-2006	Karakteristik
Warna	Jernih - kunin g kehijauan	Jernih - kunin g kehijauan
Bau	Khas minyak kayu putih	Khas minyak kayu putih
Bobot Jenis	0,900-0,930 g/mL	0,928 g/mL
Kelarutan dalam etanoll 70%	Larut dengan perbandingan 1:1 sampai 1:10	Larut dengan perbandingan 1:1 sampai 1:10
Kandungan Sineol	50% - 65%	55,71%

**Uji Aktivitas Antibakteri**

Uji aktivitas antibakteri minyak kayu putih sampel Pontianak terhadap bakteri *Streptococcus mutans* dilakukan pada dosis 1,393 mg/well, 0,6979 mg/well, 0,348 mg/well, dan 0,174 mg/well. Hasil uji memberikan daya hambat secara berturut-turut adalah 9.03 mm

(1,393 mg/well), 6.76 mm (0,697 mg/well), 6,53 mm (0,348 mg/well), dan 5,39 mm (0,174 mg/well), yang dapat dilihat pada tabel 4 dan Gambar 5. Hasil uji ini menunjukkan bahwa minyak kayu putih yang diisolasi dari daun kayu putih kota Pontianak mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*. Uji aktivitas bakteriostatik dan bakterisidal terhadap sampel uji menunjukkan bahwa minyak atsiri sampel Pontianak bersifat bakteriostatik, hal ini ditunjukkan adanya pertumbuhan bakteri pada goresan setelah diinkubasi selama 24 jam. Aktivitas anti-bakteri terhadap *S. mutans* ini sesuai dengan sampel minyak kayu putih yang berasal dari Mojokerto dengan kandungan 1,8 sineol (46,43%), kariofilen (6%),  $\alpha$ -terpineol (3,7%),  $\gamma$ -terpinen (3,09%), dan  $\alpha$ -pinen (2,45%) (Septiana *et al.*, 2020).

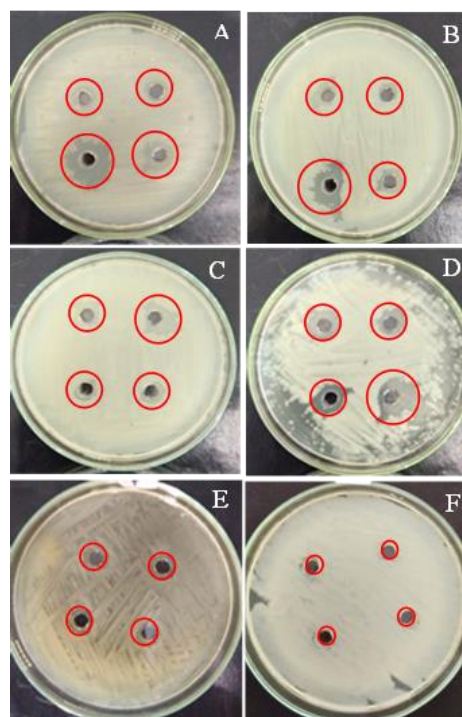
Tabel 4. Uji aktivitas minyak kayu putih terhadap bakteri *Streptococcus mutans*

Sampel uji	Dosis (mg/well)	Luas Zona Bening (mm)
Minyak kayu putih	1,393	9,03
	0,697	6,76
	0,348	6,53
	0,174	5,39
Amoxicilin	0,960	2,95
Kontrol negatif	100%	0

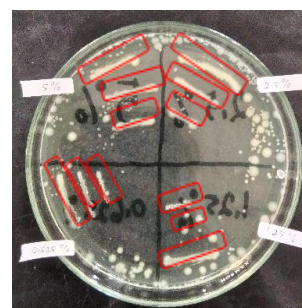
Aktivitas antibakteri dari minyak kayu putih Pontianak dimungkinkan karena adanya senyawa utama yang terdapat didalamnya seperti 1.8 sineol, trans-caryopilen, alfa-terpineol. Senyawa 1.8 sineol pada minyak kayu putih memiliki aktivitas antibakteri dengan cara merusak bagian membran sitoplasma yang mengakibatkan sel mati (Şimşek & Duman, 2017). Senyawa alfa-terpineol pada minyak kayu putih memiliki aktivitas antibakteri dengan cara merusak bagian dinding sel dan membran sel bakteri sehingga terjadinya penurunan ukuran sel yang menyebabkan pecahnya membran sel (Li *et al.*, 2014). Senyawa trans-caryopilen dan alfa-humulen bekerja dengan cara merusak struktur dinding sel *S. mutans* (Azizan *et al.*, 2017). Kerusakan sel pada bakteri dapat mengganggu proses metabolisme pada bakteri yang akan mengakibatkan sel bakteri menjadi lisis dan terjadi kematian sel (Bautista-Silva *et al.*, 2020).

Aktivitas antibakteri dari senyawa 1.8 sineol, trans-caryopilen, alfa-terpineol, dan alfa-

humulen yang terdapat pada minyak kayu putih ini dikarenakan adanya gugus -OH yang dapat bereaksi dengan gugus posfat pada fosfolipid sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan dinding sel dari mikrobra (Sayuti, 2015; Azizan *et al.*, 2017). Hasil uji lanjut dengan metode Least Significance Different (LSD) menunjukkan semua dosis (1,393 mg/well; 0,697 mg/well; 0,348 mg/well; 0,174 mg/well) tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ).



Gambar 5. Hasil uji antibakteri minyak kayu putih terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. Keterangan: A Konsentrasi 0,625%, B Konsentrasi 1,25%, C konsentrasi 2,5%, D Konsentrasi 5%, E Kontrol Positif, F Kontrol negatif



Gambar 6. Hasil uji bakteriostatik minyak kayu putih *Melaleuca leucadendra* terhadap bakteri *Streptococcus mutans*.

### KESIMPULAN

Minyak kayu putih kota Pontianak mengandung senyawa mayor 1,8 sineol sebanyak 55,71%. Dilihat dari sifat fisik maka minyak kayu putih kota Pontianak memenuhi standar SNI 06-3954-2006, dengan karakteristik rendemen sebesar 0,58% (b/b), berat jenis 0,9288 g/mL, berwarna jernih kuning kehijauan, berbau khas minyak kayu putih, larut dalam etanol 70%. Hasil uji aktivitas anti-bakteri terhadap *S. mutans*, minyak kayuputih dari kota Pontianak mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. mutans*, bersifat bakteriostatik, serta berpotensi digunakan untuk mencegah karies gigi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Apriandi R, Mardianingrum R & Susanti S. 2020. Uji Aktivitas Antibakteri *Streptococcus mutans* Penyebab Karies Gigi pada Family Zingiberaceae dan Myrtaceae Secara Sistematis Review. *Pharmacoscript*. **3**(2): 127-133.
- Azizan N. *et al.* 2017. 'Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oils of *Orthosiphon stamineus* Benth and *Ficus deltoidea* Jack against Pathogenic Oral Bacteria. *Molecules (Basel, Switzerland)*, **22**(12): E2135.
- Bapeda Pontianak. 2020. *Kondisi Fisik Dasar Kota Pontianak*. Pontianak: BAPPEDA.
- BSN. 2005. SNI 06-3954-2006 Minyak Kayu Putih. Badan Standarisasi Nasional.
- Efruan GK, Martosupono M & Rondonuwu FS. 2015. Identifikasi Kandungan Senyawa  $\alpha$ -pinene dalam Minyak Kayu putih dengan Menggunakan Spektroskopi Infra Merah dekat (NIRs). *Prosiding Semnastek* [Preprint].
- Forssten S, Björklund M & Ouwehand A. 2010. *Streptococcus mutans*, Caries and Simulation Models. *Nutrients*. **2**: 290–298.
- Haryati SD, Darmawati S & Wilson W. 2017. Perbandingan Efek Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Metode Disk dan Sumuran. *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*. **1**(1).
- Imam Sayuti A. 2015. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Minyak Atsiri Lempuyang Wangi (*Zingiber aromaticum* Val.) dan Bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Antibacterial Activity Assay of Lempuyang Wangi (*Zingiber aromaticum* Val.) and Bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) Essential Oil Combination on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*). UNEJ PRESS.
- Kathleen JH, Lunardhi CGJ & Subiyanto A. 2017. Kemampuan Bioaktif Glass (Novamin) dan Casein Peptide Amorphous Calcium Phosphate (CPP-ACP) terhadap Demineralisasi Enamel. *Conservative Dentistry Journal*. **7**(2): 111–119.
- Li, L. *et al.* 2014. Antibacterial Activity of  $\alpha$ -terpineol May Induce Morphostructural Alterations in *Escherichia coli*. *Brazilian Journal of Microbiology: [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*. **45**(4): 1409-1413.
- Pankey GA & Sabath, LD. 2004. Clinical Relevance of Bacteriostatic Versus Bactericidal Mechanisms of Action in The Treatment of Gram-Positive Bacterial Infections. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*. **38**(6): 864–870.
- Pujiarti R, Ohtani Y & Ichiura, H. 2011. Physicochemical Properties and Chemical Compositions of Melaleuca leucadendron Leaf Oils Taken from The Plantations in Java, Indonesia. *Journal of Wood Science*, **57**(5): 446–451.
- Purwaningtyas KW, Wibowo MA & Warsidah. 2019. Uji Daya Hambat Fraksi Sisa Dari Destilasi Fraksionasi Minyak Atsiri Daun Ujung Atap (*Baeckea Frutescens* L.) Terhadap Bakteri *Streptococcus mutans*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. **8**(2).
- Sembiring CNB. 2019 *Analisa Kandungan Kimia, Sifat Fisika, Penentuan Kadar Sineol Minyak Atsiri Daun Eucalyptus pellita dari PT Toba Lestari dengan Metode GC-MS*. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/13281>[Accessed: 2022-08-16 22:08:54].
- Septiana S. *et al.* 2020. Cajuputs candy impairs *Candida albicans* and *Streptococcus mutans* mixed biofilm formation in vitro. *F1000Research*. **8**: 1923.
- Şimşek M & Duman R. 2017. Investigation of Effect of 1,8-cineole on Antimicrobial Activity of Chlorhexidine Gluconate. *Pharmacognosy Research*. **9**(3): 234-237.
- Supandi M, Wibowo MA & Zahara TA. 2019. Karakterisasi Minyak Atsiri Daun Ujung Atap (*Baeckea Frutesces* L) dari Hutan Desa Sungai Nanjung Kabupaten Ketapang Kalbar. *Indonesian Journal of Pure and*

- Applied Chemistry*. **2**(2): 74-83.
- Triana N. 2018. *Analisis Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Kayu Putih (Melaleuca Leucadendron) di KPHP Rote Ndao Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. <https://nenytriana.wordpress.com/2018/03/06/analisis-kesesuaian-lahan-untuk-tanaman-kayu-putih-melaleuca-leucadendron-di-kphp-rote-ndao-dengan-menggunakan-sistem-informasi-geografis/> [Accessed: 17 August 2022].
- Wibowo MA. *et al.* 2021. Komposisi Kimia dan Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) dari Kota Singkawang. *Biopropal Industri*. **12**(1): 1-7.
- Widiyanto A & Siarudin M. 2014. Sifat Fisikokimia Minyak Kayu Putih Jenis *Asteromyrtus Brasii*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. **32**(4): 243-252.

