



UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI SENYAWA C-4-METOKSIFENILKALIKS[4]RESORSINARENA TERMODIFIKASI HEXADECYLTRIMETHYLAMMONIUM-BROMIDE TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus* DAN *Escherichia coli*

Antibacterial Activity Test of the C-4-methoxyphenylcalix[4]resorcinarene Compound Modified by Hexadecyltrimethylammonium-Bromide against Staphylococcus aureus and Escherichia coli Bacteria

Suryadi Budi Utomo*, Mita Fujiyanti, Warih Puji Lestari, dan Sri Mulyani

Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta, Jawa Tengah 57126, Indonesia

*Untuk korespondensi: tel/fax 0271-648939, email: sbukim98@yahoo.com

Received: August 06, 2018

Accepted: December 19, 2018

Online Published: December 31, 2018

DOI : 10.20961/jkpk.v3i3.22742

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri senyawa C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena termodifikasi Hexadecyltrimethylammonium-Bromide (disingkat sebagai Resorsinarena-HDTMA-Br) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan bakteri *Escherichia coli*. Penelitian dilakukan dengan uji diameter zona hambat dengan metode difusi cakram kertas. Variasi konsentrasi sampel yang digunakan adalah 10%; 15%; 20%; 25%; dan 30% b/v. Dalam penelitian ini digunakan larutan Dimethyl sulfoxide (DMSO) (pelarut sampel) sebagai kontrol negatif dan Kloramfenikol sebagai kontrol positif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Resorsinarena-HDTMA-Br memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dari pada C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena (CMFKR) tak termodifikasi terhadap bakteri *S. aureus*. Baik CMFKR maupun Resorsinarena-HDTMA-Br tidak aktif terhadap *E. coli*.

Kata Kunci: C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena, Resorsinarena-HDTMA-Br, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

ABSTRACT

This study aims to determine the antibacterial activity of C-4-methoxyphenylcalix[4]resorcinarene modified by Hexadecyltrimethylammonium-Bromide (Resorcinarene-HDTMA-Br) against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria. The study was conducted by testing the inhibition zone diameter with paper disc diffusion method. Variations in the concentration of the sample used were 10%; 15%; 20%; 25%; and 30% b/v. In this study, Dimethyl sulfoxide (DMSO) (sample solvent) was used as a negative control and Chloramphenicol as a positive control. It was found that Resorsinarene-HDTMA-Br had higher antibacterial activity than the unmodified C-4-methoxyphenylcalix[4]resorcinarene (CMFKR) against the *S. aureus* bacteria. Both CMFKR and Resorcinarene-HDTMA-Br are not active against *E. coli*.

Keywords: C-4-methoxyphenylcalix[4]resorcinarene, Resorcinarene-HDTMA-Br, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

PENDAHULUAN

Manusia hidup selalu berinteraksi dengan lingkungan. Lingkungan yang tidak sehat dan gaya hidup yang buruk menyebabkan manusia selalu kontak dengan bakteri, virus, fungi, dan berbagai bentuk kehidupan parasit. Hal ini juga didukung dengan keadaan udara yang berdebu, temperatur yang hangat dan lembab sehingga memudahkan mikroba untuk berkembang secara pesat. Semakin banyak mikroba berkembang, maka kemungkinan terjadinya kontak antara manusia dengan mikroba-mikroba tersebut akan menjadi semakin besar yang dapat mengakibatkan terjadinya infeksi.

Penyakit infeksi merupakan suatu penyakit yang disebabkan karena adanya mikroba patogen [1]. Salah satu penyebab penyakit infeksi adalah bakteri [2]. *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* adalah bakteri yang sering menyebabkan infeksi pada manusia [3]. Infeksi sering kali membahayakan hidup manusia. Oleh sebab itu, berbagai cara dilakukan untuk mencegah maupun mengobati penyakit tersebut. Pengobatan infeksi yang disebabkan oleh bakteri dapat diatasi dengan antibiotik/ antibakteri. Antibakteri adalah senyawa yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri yang bersifat merugikan. Pengendalian pertumbuhan mikroorganisme bertujuan untuk mencegah penyebaran penyakit dan infeksi, memusnahkan mikroorganisme pada inang yang terinfeksi, dan mencegah pembusukan serta perusakan bahan oleh mikroorganisme [4].

Kimia supramolekul saat ini sedang berkembang pesat di dunia. Salah satu kajian yang menarik adalah senyawa Kaliksarena dan Kaliksresorsinarena [5-9]. Bentuk geometri yang unik dan terdapatnya gugus-gugus aktif pada kaliksarena, memungkinkan senyawa ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk ekstraksi, sensor, membran fasa diam kromatografi, surfaktan, dan katalis [5,7,10].

Dalam bidang medis kaliksarena dimanfaatkan sebagai fasa diam HPLC, sebagai antidotum, serta pengemban senyawa obat [8]. Pada bidang yang sama, Bosadiya dkk. (2013) telah berhasil mensintesis dan menguji aktivitas antibakteri dari senyawa C-5-bromo-2-hidroksifenilkaliks[4]-2-metilresorsinarena terhadap bakteri *S. aureus* [11]. Namun, sejauh ini penelitian mengenai pemanfaatan kaliksarena sebagai agen antibakteri belum terlalu banyak dilakukan. Mengingat bahwa kaliksarena memiliki 5 tipe [12], maka dalam penelitian ini akan dilakukan uji aktivitas antibakteri dari kaliksarena jenis kaliksresorsinarena yaitu senyawa C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena (CMFKR) dan turunannya yaitu C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena termodifikasi Hexadecyl-trimethylammonium-Bromide (Resorsinarena-HDTMA-Br) yang disintesis dari bahan dasar p-anisaldehid dari minyak adas. Senyawa tersebut memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki beberapa gugus aktif yang diduga mampu berinteraksi dengan dinding sel bakteri sedemikian hingga akan mampu merusak dan menghambat pertumbuhan bakteri.

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat alat refluks, mikro pipet, jangka sorong, dan peralatan gelas lainnya. Peralatan utama antara lain autoclave, laminar air flow dan inkubator (Thermo Fisher Scientific). Sedangkan bahan penelitian meliputi p-anisaldehida, resorsinol, etanol, HCl, DMSO, heksadesil-trimetilammonium bromida (HDTMA-Br), kloramfenikol, media Mc.Conkey, media NA (*Nutrient Agar*), larutan standar Mc. Farland, NaCl fisiologis, bakteri *S. aureus* ATCC, bakteri *E. coli* ATCC, media MHA (*Muller Hinton Agar*), media BHI (*Brain Heart Infusion*), dan akuades.

2. Prosedur Kerja

a. Sintesis CMFKR dan Resorsinarena-HDTMA-Br

Sintesis senyawa C-4-metoksifenil-kaliks[4]resorsinarena (disingkat dengan CMFKR) dilakukan sesuai prosedur yang telah dilakukan sebelumnya [6]. Sedangkan Resorsinarena-HDTMA-Br dibuat dengan mengikuti prosedur Utomo, dkk. 2016 [9].

b. Pembuatan Seri Konsentrasi Senyawa CMFKR dan Resorsinarena-HDTMA-Br

Dalam penelitian ini digunakan lima seri konsentrasi yaitu 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% (b/v) untuk senyawa CMFKR sedangkan untuk senyawa Resorsinarena-HDTMA-Br digunakan variasi konsentrasi 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Seri larutan sampel tersebut dibuat dengan menggunakan pelarut DMSO sebanyak 0,1 mL. Proses pelarutan disertai dengan

pengadukan dan pemanasan. Setelah larut sempurna sampel uji didinginkan pada temperatur ruang.

c. Pembuatan Media

Media MHA (*Muller Hinton Agar*) dibuat dengan menimbang sejumlah 38 g sesuai dengan komposisi pada kemasan (2g *beef extract*, 17,5 g casein hydrolysate; 1,5 g *starch*; 17 g agar) kemudian dilarutkan dalam 1 L akuades, bila perlu dengan bantuan pemanasan. Selanjutnya media disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit. Media MHA dituangkan pada cawan petri steril, didiamkan pada suhu kamar hingga memadat. Kemudian disimpan pada suhu 4°C (di dalam lemari es).

d. Pembuatan Biakan

Strain murni *S. aureus* ATCC, *E. coli* ATCC, disuspensikan pada media BHI (*Brain Heart Infusion*), lalu media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Selanjutnya bakteri *S. aureus* ditanam pada media agar darah, sedangkan bakteri *E. coli* ditanam pada media Mc.Conkey lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Larutan media NA (*Nutrient agar*) yang sudah siap dimasukkan ke dalam beberapa tabung reaksi masing-masing sebanyak 5 mL kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada tekanan 1 atm, suhu 121°C. Tabung reaksi selanjutnya dimiringkan agar media NA di dalamnya membeku berbentuk miring. Setiap kultur bakteri diambil 1 ose dan digoreskan pada tabung reaksi yang berisi media NA miring. Bakteri-bakteri dalam media NA miring kemudian diinkubasi selama 12-18 jam dalam inkubator pada

suhu 37°C. Koloni yang terbentuk, menunjukkan pertumbuhan bakteri dan siap untuk digunakan uji selanjutnya.

e. Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa CMFKR dan Resorsinarena-HDTMA-Br terhadap *S. aureus* dan *E. coli*

Satu ose koloni bakteri dari media NA miring diencerkan menggunakan larutan NaCl 0,9% steril hingga memiliki kekeruhan yang sesuai dengan standar Mc. Farland (10^7 - 10^8 CFU/ml). Kapas lidi steril dimasukkan ke dalam tabung yang berisi suspensi bakteri, lalu digoreskan merata pada media MHA. Sebanyak 20 µl larutan sampel (baik CMFKR maupun Resorsinarena-HDTMA-Br) diinjeksi pada kertas *disk blank* menggunakan mikropipet. Setelah larutan dapat terserap sempurna, kertas disk yang telah berisi sampel diletakkan diatas media MHA yang telah mengandung bakteri uji, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Zona bening yang terbentuk di sekitar disk mengindikasikan sampel dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan dapat diketahui diameternya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji aktivitas antibakteri senyawa CMFKR dan Resorsinarena-HDTMA-Br dilakukan dengan menggunakan metode difusi agar. Metode difusi agar didasarkan pada difusi agen antibakteri pada agar yang diinokulasi mikroorganisme. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah difusi disk/cakram. Seri konsentrasi yang digunakan adalah 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% (b/v) untuk senyawa CMFKR serta 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% untuk Resorsinarena-HDTMA-Br. Hal ini dilakukan berdasarkan kelarutan

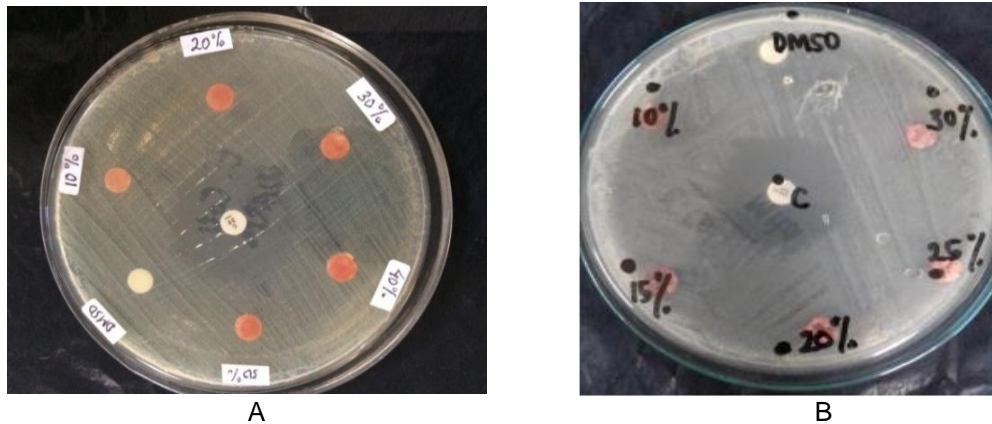
dari kedua sampel uji dalam pelarut. Kontrol negatif yang digunakan adalah pelarut dari sampel uji, yaitu *Dymethyl Sulfoxide* (DMSO), sedangkan kontrol positifnya adalah kloramfenikol. Hasil dari uji aktivitas antibakteri senyawa CMFKR dan senyawa Resorsinarena-HDTMA-Br terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli* dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Pengamatan yang diperoleh dari Gambar 1 dan 2 adalah ada atau tidaknya zona hambat (daerah bening yang tidak memperlihatkan adanya pertumbuhan bakteri) yang akan terbentuk disekeliling zat antibakteri pada waktu tertentu setelah inkubasi. Pemilihan metode ini didasarkan karena metode difusi merupakan metode yang cepat, mudah dan sederhana dalam pengerjaannya. Disk yang berisi senyawa antibakteri diletakkan pada media agar yang telah ditanami mikroorganisme yang akan berdifusi pada media agar tersebut. Area jernih pada permukaan media agar mengindikasikan adanya hambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh senyawa antibakteri [13].

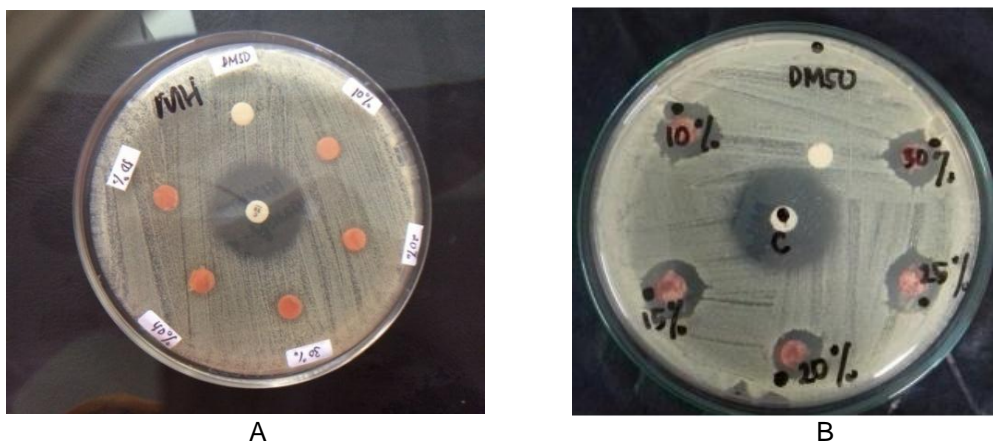
Uji antibakteri dilakukan dalam kondisi steril baik dari media yang digunakan, peralatan uji, maupun ruang yang digunakan untuk uji. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari kontaminasi. Bakteri uji yang digunakan adalah *E. coli* dan *S. aureus* biakan murni atau ATCC (American Type Culture Collection), bukan bakteri uji yang berasal dari lingkungan ataupun pasien. Hal tersebut dikarenakan bakteri ATCC merupakan bakteri standar yang disarankan untuk digunakan sebagai bakteri uji dalam penelitian. Selain itu, bakteri biakan murni ATCC tidak mudah terkontaminasi. Bakteri yang berasal dari

lingkungan ataupun pasien sangat rentan terkontaminasi, sehingga dalam penelitian digunakan bakteri uji ATCC. Media yang digunakan untuk uji zona hambat adalah Muller Hinton Agar (MHA) dalam cawan petri. MHA digunakan karena memiliki kandungan nutrisi

yang baik untuk kultur kebanyakan bakteri. Selain itu MHA juga bersifat netral, sehingga tidak menimbulkan pengaruh terhadap prosedur uji antibakteri. Ketebalan media MHA dalam cawan petri juga diseragamkan dengan cara menyamakan volume yang digunakan.



Gambar 1. Uji Aktivitas pada Bakteri *E. coli* oleh (A) CMFKR dengan seri konsentrasi larutan 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% (b/v) dan (B). Resorsinarena-HDTMA-Br dengan seri konsentrasi larutan 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% (b/v). C= kontrol positif (larutan kloramfenikol); DMSO = kontrol negatif.



Gambar 2. Uji Aktivitas pada Bakteri *S. aureus* oleh (A) CMFKR dengan seri konsentrasi larutan 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% (b/v) dan (B). Resorsinarena-HDTMA-Br dengan seri konsentrasi larutan 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% (b/v). C= kontrol positif (larutan kloramfenikol); DMSO = kontrol negatif.

Selanjutnya dari Gambar 1 dan 2 di atas ditentukan besarnya diameter zona bening dengan pengukuran menggunakan jangka

sorong. Secara terperinci, hasil pengukuran diameter zona bening dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Diameter Zona Hambat C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena terhadap *S. aureus* dan *E. coli*

Konsentrasi senyawa CMFKR (%) (b/v)	Zona hambat (mm)	
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10	9,0	0
20	9,5	0
30	10,0	0
40	10,0	0
50	10,5	0
Kloramfenikol (+)	25,0	28
DMSO (-)	0	0

Tabel 2. Diameter Zona Hambat Resorsinarena-HDTMA-Br Terhadap *S.aureus* dan *E. coli*

Konsentrasi Resorsinarena- HDTMA-Br (%) (b/v)	Zona hambat (mm)	
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10	13,0	0
15	14,0	0
20	11,1	0
25	14,1	0
30	15,0	0
Kloramfenikol (+)	25,0	27,4
DMSO (-)	0	0

Dari Tabel 1 dan 2 tersebut terlihat bahwa zona hambat paling besar dimiliki oleh kloramfenikol sebagai kontrol positif dan zona hambat paling kecil (0) dimiliki oleh DMSO yang merupakan kontrol negatif. Pemilihan kloramfenikol sebagai kontrol positif dikarenakan kloramfenikol merupakan antibakteri yang berspektrum luas, sehingga mampu membunuh bakteri gram positif maupun gram negatif [13]. Bakteri dikatakan resisten terhadap Kloramfenikol apabila diameter hambat pertumbuhan bakteri yang dihasilkan <20 mm dan sensitif apabila hasil diameter hambat \geq 20mm [14]. Dalam penelitian ini, dihasilkan zona hambat sekitar 27,4-28 mm untuk *E. coli* dan 25 mm untuk *S. aureus*. Dari zona hambat yang dihasilkan tersebut terlihat bahwa kloramfenikol mampu menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus* dengan diameter hambat >20 mm,

sehingga dapat disimpulkan bahwa baik bakteri *E. coli* dan *S. aureus* memiliki sensitifitas terhadap disk kloramfenikol yang digunakan dalam penelitian ini.

Kontrol negatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah DMSO. Natheer *et al* [15] menyebutkan bahwa zat yang digunakan sebagai kontrol negatif adalah pelarut yang digunakan sebagai pengencer dari senyawa yang akan diuji. Dalam penelitian ini pelarut yang digunakan untuk melarutkan kedua sampel adalah DMSO. Sehingga kontrol negatif yang digunakan adalah DMSO. Tujuannya adalah sebagai pembanding bahwa pelarut yang digunakan sebagai pengencer tidak mempengaruhi hasil uji antibakteri dari senyawa yang akan diuji. Hasil zona hambat kontrol negatif terhadap *E. coli* dan *S. aureus* adalah 0 mm. hal ini

menunjukkan bahwa penggunaan pelarut DMSO tidak mempengaruhi hasil uji antibakteri dari CMFKR dan Resorsinarena-HDTMA-Br.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dari Gambar 2 terlihat bahwa baik senyawa CMFKR maupun Resorsinarena-HDTMA-Br dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Hal ini ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekitar disk pada cawan yang berisi bakteri *S. aureus*, sedangkan pada Gambar 1 yang merupakan cawan yang berisi *E. coli* tidak muncul zona bening di sekitar disk. Secara kuantitatif diperjelas oleh data pada Tabel 1 dan 2 yang menunjukkan bahwa kedua senyawa kaliksresorsinarena tersebut mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* namun tidak terhadap bakteri *E. coli*.

E. coli merupakan bakteri gram negatif. Natheer *et al.* [15] menjelaskan bahwa lapisan dinding sel *E. coli* lebih kompleks jika dibandingkan dengan *S. aureus*. Bakteri gram positif (*S. aureus*) dinding selnya hanya tersusun oleh peptidoglikan dan membran plasma tunggal. Sedangkan bakteri gram negatif (*E. coli*) tersusun oleh membran plasma luar, membran plasma dalam, serta peptidoglikan. Membran plasma luar di bagian dinding sel bisa melindungi bakteri tersebut dengan menghalangi masuknya zat antibiotik dan juga sistem dari pertahanan inang. Oleh karena itu, *E. coli* memiliki ketahanan yang lebih kuat terhadap senyawa CMFKR dan Resorsinarena-HDTMA-Br jika dibandingkan dengan *S. aureus*. Struktur kedua senyawa kaliksresorsinarena yang meruah [7] tersebut juga berpotensi tidak dapat menembus membran bakteri gram negatif, sehingga bakteri *E. coli* yang

merupakan gram negatif lebih tahan terhadapnya.

Permukaan dinding sel *Escherichia coli* lebih bermuatan negatif dibandingkan dengan *S. aureus* (bakteri Gram positif). Hal tersebut dapat terjadi karena adanya lipopolisakarida dan peptidoglikan yang mengandung gugus COO^- pada *E. coli*. Muatan negatif pada permukaan dinding sel bakteri *S. aureus* yang cenderung lebih lemah membuat senyawa CMFKR dan Resorsinarena-HDTMA-Br yang memiliki gugus-gugus OH^- menjadi lebih mudah berinteraksi dengan *S. aureus* jika dibanding *E. coli*.

Bakteri gram positif seperti *S. aureus* memiliki asam teikoat pada permukaan dinding selnya. Menurut Brooks, *et al.* [3], asam teikoat sendiri merupakan senyawa yang terdapat dalam dinding sel bakteri yang dapat dicapai oleh senyawa antibakteri. Asam teikoat berfungsi dalam proses pengaktifan enzim dimana enzim tersebut selanjutnya digunakan dalam proses sintesis protein bagi bakteri. Ion OH^- yang melimpah pada senyawa CMFKR akan berinteraksi dengan ion H^+ pada asam teikoat. Interaksi tersebut akan menghambat asam teikoat dalam mengaktifkan enzim, sehingga proses sintesis protein terhambat yang selanjutnya menyebabkan lisisnya bakteri.

Mekanisme kerja kedua senyawa C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena sebagai penghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus* tidak dapat ditentukan secara pasti. Karena untuk melihat mekanisme penghambatan pertumbuhan bakteri ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut secara molekular. Penelitian tersebut diantaranya dapat dilakukan dengan menganalisis kerusakan sel

menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa CMFKR memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* pada konsentrasi 10%; 20%; 30%; 40%; dan 50% dengan zona hambat berturut-turut sebesar 9 mm; 9,5 mm; 10 mm; 10 mm; dan 10,5 mm. Sedangkan untuk senyawa Resorsinarena-HDTMA-Br pada konsentrasi 10%; 15%; 20%; 25%; dan 30% memiliki zona hambat berturut-turut sebesar 13 mm; 14,5 mm; 11,1 mm; 14,1 mm; dan 15 mm. Aktivitas antibakteri yang dimiliki semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. Konsentrasi dari suatu senyawa antibakteri merupakan salah satu faktor penentu besar kecilnya kemampuan senyawa tersebut dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang diuji. Meskipun demikian, pada konsentrasi tertentu kenaikan konsentrasi tidak selalu diikuti dengan peningkatan diameter zona hambat. Kemungkinan hal ini terjadi karena perbedaan kecepatan difusi senyawa antibakteri pada media agar.

Menurut Davis dan Stout [16], kriteria kekuatan daya antibakteri adalah: diameter zona hambat > 5 mm dikategorikan lemah, 5-10 mm dikategorikan sedang, 11-29 mm dikategorikan kuat, dan > 20 mm dikategorikan sangat kuat. Hasil uji diatas menunjukkan bahwa senyawa CMFKR mempunyai daya aktivitas antibakteri sedang karena diameter zona hambatnya antara 5-10 mm. Sedangkan senyawa Resorsinarena-HDTMA-Br merupakan agen antibakteri yang kuat dengan diameter zona hambatnya 11-15 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya modifikasi gugus HDTMA-Br meningkatkan aktivitas

antibakterinya. Diduga kuat adanya dua gugus HDTMA-Br menaikkan kemampuan difusi CMFKR termodifikasi sedemikian hingga aktivitas antibakterinya meningkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa senyawa C-4-metoksifenilkaliks[4]resorsinarena (CMFKR) dan turunannya yaitu senyawa Resorsinarena-HDTMA-Br memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *S.aureus*. Senyawa CMFKR mempunyai daya aktivitas antibakteri sedang dengan diameter zona hambat 9,0 – 10,5 mm untuk konsentrasi 10%-50% b/v. Sedangkan senyawa Resorsinarena-HDTMA-Br merupakan agen antibakteri yang kuat dengan diameter zona hambatnya 13-15 mm untuk konsentrasi 10-30 % (b/v).

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan terimakasih pada LPPM UNS melalui pembiayaan pada Penelitian Mandiri Aktif dengan Kontrak No. 3312/UN27.21/PP/2018.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Darmadi, *Infeksi Nosokomial: Problematika dan Pengendaliannya*, Jakarta: Salemba Medika. 2008.
- [2] M. Radji, *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*, Jakarta: Buku Kedokteran EGC, 2011.
- [3] G. F. Brooks *et al.*, *Jawetz, Melnick & Adelberg's Mikrobiologi Kedokteran*. Edisi I. Jakarta: Salemba Medika, 2001.
- [4] Sulistyono, *Farmakologi dan Terapi*. Yogyakarta: EKG, 1971.

- [5] S. B. Utomo, Jumina, and T. D. Wahyuningsih, "The Adsorption of Pb(II) and Cr(III) by Polypropylcalix[4]arene Polymer," *Indo. J. Chem.*, vol. 9, no. 3, pp. 437-444, 2009.
- [6] S.B. Utomo *et al.*, "Synthesis of Thiomethylated Calix[4]resorcinarene Based on Fennel Oil via Chloromethylation," *Indo. J. Chem.*, vol. 11, no. 1, pp. 1-8, 2011.
- [7] S.B. Utomo *et al.*, "Kinetics and Equilibrium Model of Pb(II) and Cd(II) Adsorption onto Tetrakis-Thiomethyl-C-4-Methoxy phenylcalix[4]resorcinarene," *Indo. J. Chem.*, vol. 12, no. 1, pp. 49-56, 2012.
- [8] S. B. Utomo *et al.*, "Synthesis of Tetrakis-N,N,N-trimethyl-ammonium methyl-C-3,4-dimethoxyphenylcalix[4]resorcinarene Iodide Based Vanillin and Its Antidote Activity for Chromium (VI) Intoxication," *Indo. J. Chem.*, vol. 13, no. 2, pp. 158-165, 2013.
- [9] S. B. Utomo, A. N. C. Saputro, and Y. Rinanto, "Functionalization of C-4-methoxyphenylcalix[4]resorcinarene with several ammonium compounds," *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering*, vol. 107, 012042, 2016.
- [10] S. B. Utomo, "Rekayasa Molekul Makrosiklis untuk Aplikasi Lingkungan dan Medis," *Proseeding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI (SNKPK VI)*, P.Kimia PMIPA FKIP UNS, Surakarta, 21 Juni 2014, pp. 4-15.
- [11] H. M. Abosadiya *et al.*, "Synthesis, characterization, X-ray structure and biological activities of C-5-bromo-2-hydroxyphenylcalix[4]-2-methyl resorcinarene," *Molecules*, vol. 18, no. 11, pp. 13369-13384, 2013.
- [12] Y. K. Agrawal, J. P. Pancholi, and J. M. Vyas, "Design and Synthesis of Calixarene," *Journal of Scientific & Industrial Research*. vol. 68, pp. 745-768, 2009.
- [13] S. T. Pratiwi, *Mikrobiologi Farmasi*. Yogyakarta: Erlangga, 2008.
- [14] J. M. Andrews and R.A. Howe, "BSAC Standardized Disc Susceptibility Testing Method (Version 10)," *Journal Antimicrob Chemother*, vol. 66, pp. 2726-2757, 2011.
- [15] S. E. Nather *et al.*, "Evaluation of Antibacterial Activity of *Morindacitrifolia*, *Villextrifolia*, and *Chromolaenaodorata*," *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol. 6, no. 11, pp. 783-788, 2012.
- [16] W. W. Davis and T. R. Stout, "Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay," *Applied Microbiology*, vol. 22, no. 4, pp. 659-665, 1971.