

Efektivitas Antibakteri Kurkumin dan Asam Tanat terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* *in vitro*

Antibacterial Effectiveness of Curcumin and Tannic Acid against Staphylococcus aureus and Escherichia coli in vitro

Sardjiman⁽¹⁾, Rolando Rahardjoputro⁽²⁾, Joko Santoso⁽³⁾, Ernawati⁽⁴⁾, Nova Rahma Widyaningrum⁽⁵⁾

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾Program Studi S1 Farmasi, Universitas Kusuma Husada Surakarta

⁽⁵⁾Program Studi S1 Farmasi, Stikes Mamba'ul Ulum Surakarta

Email Korespondensi:rolan.farmasi@gmail.com

ABSTRAK

Senyawa aktif berhasil diisolasi dari tumbuhan obat sudah banyak ditemui sekarang ini. Beberapa diantaranya telah digunakan untuk kesehatan maupun pengembangan ilmu pengetahuan. Kurkumin dan asam tanat diketahui mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektivitas antibakteri kurkumin dan asam tanat terhadap *S. aureus* dan *E. coli* secara *in vitro*. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode penelitian eksperimental. Uji sensitivitas antibakteri dilakukan secara *in vitro* dengan metode cakram *disc Kirby-Bauer*. Kontrol positif yaitu antibiotik siprofloksasin 50 µg/ml dan kontrol negatif larutan DMSO 1%. Analisa data menggunakan uji *Kruskal-Wallis*. Hasil penelitian menunjukkan asam tanat pada konsentrasi 2% memberikan daya hambat rata – rata 25 mm dibandingkan kurkumin yaitu 19,67 mm terhadap *S. aureus*. Asam tanat pada konsentrasi 2% memberikan daya hambat rata – rata 15 mm dibandingkan kurkumin yaitu 7 mm terhadap *E. coli*. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan efektivitas antibakteri antara asam tanat dengan kurkumin pada *S. aureus* (*p-value* 0,034) dan *E. coli* (*p-value* 0,025). Kesimpulan penelitian ini adalah asam tanat mempunyai aktivitas bakteri yang lebih kuat terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli* dibandingkan kurkumin secara *in vitro*

Kata kunci : Antibakteri, Kurkumin, Asam Tanat, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

ABSTRACT

Some bioactive compounds were isolated and identified from medicinal herbs. Some of bioactive compounds have been used for both health and science. Curcumin and tannic acid are active compounds with antibacterial activity against S. aureus and E. coli. This research aims to determine the antibacterial effectiveness of curcumin and tannic acid against S. aureus and E. coli in vitro. This research is quantitative research with experimental research methods. The antibacterial sensitivity test was carried out in vitro using the Kirby-Bauer disc method. The positive control is the antibiotic ciprofloxacin 50 µg/ml, and the negative control is the DMSO 1% solution. Data analysis used Kruskal-Wallis Test. The research showed that tannic acid 2% provides an average inhibitory zone of 25 mm compared to curcumin (19.67 mm) against S. aureus. Tannic acid 2% provides an average inhibitory zone of 15 mm compared to curcumin (7 mm) against Escherichia coli. Statistical analysis shows a difference in antibacterial effectiveness between tannic acid and curcumin in S. aureus (p-value 0,034) and E. coli (p-value 0,025). The conclusion in this research is tannic acid compounds had stronger bacterial activity against Staphylococcus aureus and Escherichia coli in vitro than curcumin compounds

Keywords: Antibacterial, Curcumin, Tannic Acid, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

PENDAHULUAN

Herba digunakan dalam pengobatan sejak berabad-abad lalu. Indonesia merupakan habitat dari 30.000 sampai 40.000 herba asli yang berpotensi sebagai tanaman obat (Hakim, 2016). Kurkumin merupakan suatu fitopolifenol berwarna kuning yang berasal dari keluarga Zingiberaceae yaitu rimpang kunyit (*Curcuma longa*) (Khasanah and Husni, 2016). Senyawa kurkumin adalah senyawa utama dalam tanaman obat kunyit (*Curcuma longa*). Adanya senyawa kurkumin ini diduga merupakan senyawa aktif utama kunyit yang mempunyai aktivitas antibakteri. Penelitian Altunatmaz *et al* (2016), menyatakan bahwa kurkumin mempunyai aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram negatif dan positif.

Asam tanat atau tanin merupakan senyawa aktif dalam daun teh (*Camellia sinensis*). Senyawa ini juga dijumpai pada beberapa tanaman lain. Penelitian oleh Ruwandha (2021) mendapatkan bahwa asam tanat mempunyai aktivitas antibakteri yang baik dan lebih baik dibandingkan dengan kloramfenikol terhadap bakteri *Salmonella typhi* penyebab penyakit tipus. Kurniawan dan Zahra (2021) dalam reviewnya menyatakan bahwa tanin memiliki aktivitas antibakteri.

S. aureus dan *E. coli* merupakan bakteri patogen yang dapat menginfeksi manusia. *S. aureus* adalah bakteri gram positif kokus yang banyak ditemukan pada tubuh manusia. Sebanyak kira – kira 30 persen populasi manusia terinfeksi oleh *S. aureus* (Tong *et al.*, 2015). *E. coli* adalah bakteri gram negatif batang yang juga banyak ditemukan pada tubuh manusia khususnya pada saluran pencernaan. Selain organisme penyebab bakteremia utama lainnya seperti *S. aureus* dan *S. pneumoniae*, *E. coli* adalah penyebab bakteremia paling umum di negara-negara berpenghasilan tinggi. Hal ini merupakan penyebab utama meningitis pada neonatus (Bonten *et al.*, 2021).

Penelitian mengenai perbandingan efektivitas antibakteri antara asam tanat dan kurkumin dalam satu penelitian sebagai antibakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli* secara *in vitro* belum ada yang meneliti. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas antibakteri kurkumin dan asam tanat terhadap *S. aureus* dan *E. coli* secara *in vitro*.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu *Laminar Air Flow* (B-One), autoklaf (GEA), inkubator (Binder), cawan petri, jarum ose, cakram disk *Kirby-Bauer* (Oxoid), kapas lidi steril, pipet mikro (Dragonlab), jangka sorong, neraca gram kasar, neraca gram halus (Mettler Toledo), gelas ukur, *beaker glass*, erlenmeyer, tabung reaksi, oven (Binder).

Bahan yang digunakan yaitu biakan bakteri *S. aureus* ATCC 25923 dan *E. coli* ATCC 25922, senyawa asam tanat (Merck), senyawa kurkumin (Merck), dimetil sulfoksida (DMSO) 1%, akuades, alkohol 70% (Onemed), kontrol positif siprofloksasin 5 mcg (Oxoid), media bakteri *Nutrient Agar* (Merck).

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental. Sampel penelitian ini adalah biakan bakteri *S. aureus* ATCC 25923 dan *E. coli* ATCC 25922 yang berasal dari biakan stok. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Kusuma Husada Surakarta.

Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas, variabel tergantung dan variabel pengganggu. Variabel bebas meliputi konsentrasi senyawa kurkumin, asam tanat, kontrol positif siprofloksasin 50 µg/ml, dan kontrol negatif larutan DMSO 1% (Dimetil Sulfoksida). Variabel tergantung meliputi pola sensitivitas bakteri *S. aureus* dan *E. coli* terhadap sampel dan kontrol berupa diameter hambatan.

Variabel pengganggu meliputi suhu inkubasi, media pembiakan, dan cara kerja aseptis.

Prosedur Kerja

Pengumpulan data penelitian didapatkan setelah melalui tahap preparasi, inokulasi bakteri ke media agar, pemberian cairan sampel dan kontrol ke biakan bakteri, dan juga melalui masa inkubasi semalam. Data yang didapatkan merupakan data luas diameter hambatan sampel dan kontrol terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan *E. coli* pada media agar.

Tahap preparasi meliputi persiapan alat dan bahan. Alat yang dipergunakan seperti cawan petri dan tip mikropipet dilakukan sterilisasi terlebih dahulu. Bahan berupa senyawa asam tanat dan kurkumin murni dibeli langsung dari supplier bahan kimia. Biakan murni bakteri menggunakan biakan bakteri bersertifikat.

Media yang digunakan untuk uji aktivitas antibakteri menggunakan media *Nutrient Agar* menggunakan kontrol positif (*disk* siprofloksasin 5 mcg) dan negatif (DMSO 1%). Bakteri diambil dari biakan murni dengan konsentrasi sesuai estandar *McFarland* 0,5. Media yang telah diinokulasi bakteri diinkubasi selama 24 jam dalam inkubator pada suhu 37°C.

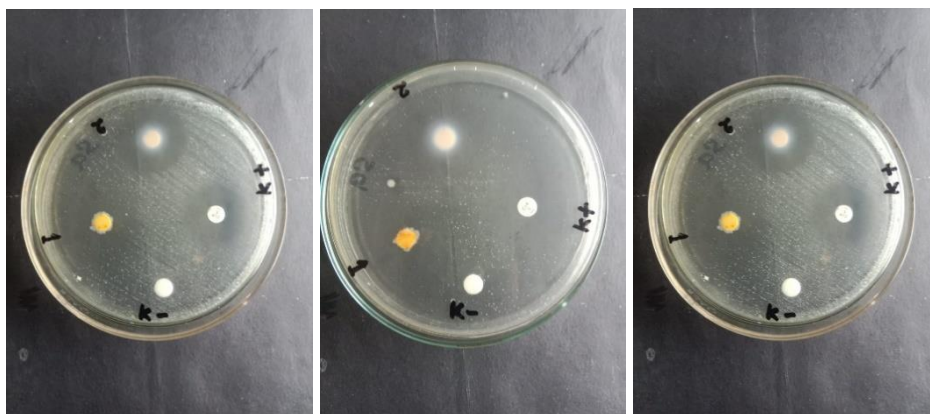
Replikasi dilakukan sebanyak 3 kali dimana per cawan petri diujikan 4 sampel sekaligus. Hal ini agar didapatkan lingkungan yang sama terhadap keempat sampel yang diuji. Inkubasi dilakukan selama 24 jam dan tiap 12 jam dilihat perkembangannya di inkubator.

Analisis data penelitian menggunakan *software* SPSS. Analisis data terdiri dari uji normalitas (uji *Shapiro-Wilk*) dan uji homogenitas (*Levene's Test of Homogeneity of Variance*). Apabila kondisi data normal dan varians homogen, maka dilanjutkan uji Anova satu faktor (*One-Way Anova*). Apabila data tidak normal dan/atau homogen maka uji statistik menggunakan uji *Kruskal-Wallis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pengujian antibakteri ditampilkan pada gambar 1 dan 2 dibawah. Kode "K+" menunjukkan kontrol positif (siprofloksasin 5 mcg), kode "K-" menunjukkan kontrol negatif (DMSO 1%), kode "1" menunjukkan sampel kurkumin 2%, dan kode "2" menunjukkan sampel asam tanat 2%. Hasil uji aktivitas antibakteri terdapat pada gambar 1 dan 2.



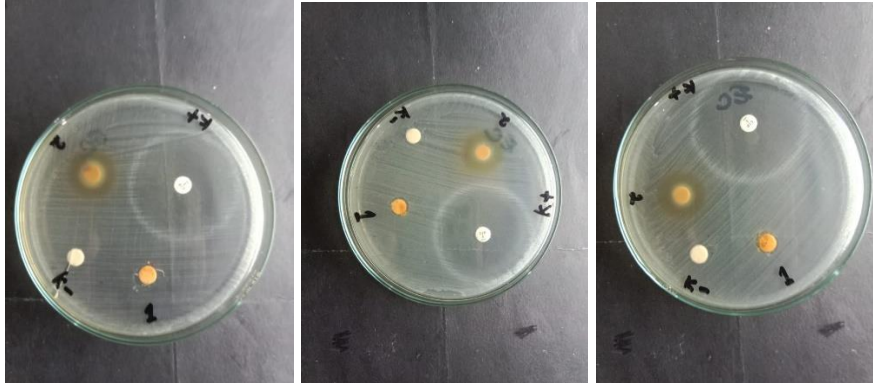
Gambar 1. Hasil Uji Antibakteri Sampel terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923

Gambar 1 menampilkan hasil uji antibakteri keempat sampel terhadap *S. aureus* ATCC 25923. Berdasarkan hasil

yang didapat pada tiga replikasi yang dilakukan terlihat kontrol positif menunjukkan zona hambat. Kontrol negatif

yang digunakan adalah larutan DMSO 1% (dimetil sulfoksida) menunjukkan tidak mempunyai zona hambat sehingga diameternya hanya diameter *blank disc* saja yaitu 5 mm. Sampel kurkumin 2%

menunjukkan mempunyai zona hambat yang dapat terlihat pada agar. Sampel asam tanat 2% mempunyai zona hambat yang luas dan lebih luas dari kontrol positifnya.



Gambar 2. Hasil Uji Antibakteri Sampel terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922

Gambar 2 menampilkan hasil uji antibakteri keempat sampel terhadap *E. coli* ATCC 25922. Berdasarkan hasil yang didapat pada tiga replikasi yang dilakukan terlihat kontrol positif menunjukkan zona hambat yang luas terhadap *E. coli* ATCC 25922. Kontrol negatif yang digunakan adalah larutan DMSO 1% (dimetil sulfoksida) menunjukkan tidak mempunyai zona hambat sehingga diameternya hanya diameter *blank disc* saja yaitu 5 mm. Sampel kurkumin 2% menunjukkan mempunyai zona hambat. Sampel asam tanat 2% menunjukkan zona hambat.

Tabel 1 menunjukkan hasil uji antibakteri sampel terhadap *S. aureus* ATCC 25923 secara *in vitro*. Dari hasil pengujian terlihat bahwa kontrol positif (siprofloksasin 5 µg) mempunyai zona hambat dengan rata – rata diameter 21 mm. Kontrol negatif DMSO 1% menunjukkan tidak adanya zona hambat. Hal ini menunjukkan bahwa media dan bakteri yang diuji telah layak untuk menjadi objek penelitian. Sampel kurkumin 2% menunjukkan bahwa terdapat zona hambat yang dibuktikan dengan adanya diameter hambatan rata – rata sebesar 19,67 mm. Sampel asam tanat 2% menunjukkan bahwa terdapat zona hambat yang dibuktikan dengan adanya diameter hambatan rata – rata sebesar 25 mm.

Tabel 1. Hasil Uji Antibakteri Sampel terhadap *S. aureus* ATCC 25923

Sampel	R	R	R	Kategori antibakteri
	1	2	3	
	(mm)			
Siprofloksasin 5µg	21	21	21	sangat kuat
DMSO 1%	0	0	0	tidak ada
Kurkumin 2%	19	20	20	kuat
Asam tanat 2%	25	25	25	sangat kuat

(diameter *blank disc* 5 mm)

Tabel 2. Hasil Uji Antibakteri Sampel terhadap *E. coli* ATCC 25922

Sampel	R	R	R	Kategori antibakteri
	1	2	3	
	(mm)			
Siprofloksasin 5µg	40	40	40	sangat kuat
DMSO 1%	5	5	5	tidak ada
Kurkumin 2%	7	7	7	sedang

Sampel	R	R	R	Kategori antibakteri
	1	2	3	
	(mm)			
Asam tanat 2%	15	15	15	kuat

(diameter blank disc 5 mm)

Tabel 2 menunjukkan hasil uji antibakteri sampel terhadap *E. coli* ATCC 25922 secara *in vitro*. Dari hasil pengujian terlihat bahwa kontrol positif (siprofloksasin 5 µg) mempunyai zona hambat yang kuat (sensitif) dengan rata – rata diameter zona hambat yaitu 40 mm. Kontrol negatif DMSO 1% menunjukkan tidak adanya zona hambat dengan rata – rata diameter hanya diameter blank disc yaitu 5 mm. Hal ini menunjukkan bahwa media dan bakteri yang diuji telah layak untuk menjadi objek penelitian. Sampel kurkumin 2% menunjukkan bahwa terdapat zona hambat yang dibuktikan dengan adanya diameter hambatan rata – rata sebesar 7 mm. Sampel asam tanat 2% menunjukkan bahwa terdapat zona hambat yang dibuktikan dengan adanya diameter hambatan rata – rata sebesar 15 mm.

Pembahasan

Sampel senyawa asam tanat dan kurkumin murni dari Merck® didapatkan dari supplier bahan kimia. Asam tanat dan kurkumin dilarutkan dalam 1% larutan DMSO agar dapat melarutkan kurkumin yang sukar larut dalam air. Sampel kurkumin dilindungi dari cahaya dengan membungkusnya dalam alumunium foil. Tidak ada pemanasan yang dilakukan dalam pelarutan sampel agar terhindar dari perusakan fisika.

S. aureus merupakan bakteri gram positif yang sering menginfeksi manusia baik di level komunitas maupun rumah sakit. Berbagai manifestasi klinis disebabkan oleh *S. aureus* (Taylor and Unakal, 2017). Bakteri *S. aureus* menyebabkan banyak penyakit serius.

Patogenisitas *S. aureus* ditentukan oleh beragam faktor virulensi, yang paling sering adalah racun yang dikeluarkannya. Banyak racun *S. aureus* yang mengganggu membran biologis menyebabkan kematian sel *host*. *S. aureus* menghasilkan hemolisin dan leukotoksin yang kuat. Beberapa diantaranya baru-baru ini leukotoksin terbukti dapat melisiskan neutrofil, menjadikannya senjata yang ampuh melawan imunitas *host* terhadap bakteri (Otto, 2014).

Hasil analisis statistik terhadap data uji bakteri sampel terhadap *S. aureus* ATCC 25923 (tabel 1) menunjukkan data yang tidak homogen sehingga analisis *Anova* satu faktor tidak dapat dilakukan. Alternatifnya dapat menggunakan uji *Kruskal-Wallis* dengan hasil uji menunjukkan *p-value* sebesar 0,012 (kurang dari 0,05) yang berarti ada perbedaan yang signifikan antara kelompok – kelompok sampel.

Analisis statistik dari tabel 1 dilanjutkan dengan uji lanjutan untuk mengetahui perbedaan aktivitas antibakteri antara senyawa kurkumin dengan asam tanat terhadap *S. aureus* ATCC 25923. Uji *Kruskal-Wallis* mendapatkan hasil *p-value* sebesar 0,034 (kurang dari 0,05) yang berarti bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kurkumin 2% dengan asam tanat 2%. Data diameter hambatan menyimpulkan bahwa aktivitas antibakteri asam tanat 2% lebih tinggi dibandingkan kurkumin 2% terhadap *S. aureus* ATCC 25923 secara *in vitro*.

Hasil uji antibakteri dari sampel kurkumin 2% dan asam tanat 2% terhadap *S. aureus* ATCC 25923 mendapatkan data bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik dari aktivitas antibakteri kurkumin 2% dan asam tanat 2%. Senyawa asam tanat 2% mempunyai aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan senyawa kurkumin 2% terhadap *S. aureus* ATCC 25923.

Asam tanat dapat menghambat pembentukan biofilm *S. aureus* dalam

berbagai model biofilm (Rosyada *et al.*, 2023). Asam tanat adalah campuran polifenol yang berasal dari tumbuhan terutama terdiri dari *gallotannin* (Siamtuti *et al.*, 2017) yang dapat digunakan untuk mengendapkan protein (do Nascimento *et al.*, 2021). Aktivitas antibakteri asam tanat 2% terhadap *S. aureus* ATCC 25923 ternyata juga lebih baik daripada kontrol positifnya yaitu antibiotik siprofloksasin 5 mcg. Asam tanat 2% mempunyai aktivitas antibakteri pada tahap sensitif terhadap *S. aureus* ATCC 25923 secara *in vitro* karena mempunyai diameter ≥ 21 mm. Hal ini bahwa asam tanat 2% bisa menjadi alternatif baru untuk pengobatan infeksi akibat *S. aureus*.

E. coli termasuk bakteri gram negatif berbentuk batang yang bisa menginfeksi manusia. Infeksi saluran kemih dan sepsis pada bayi baru lahir merupakan dua contoh infeksi ekstraintestinal *E. coli* yang menimbulkan ancaman serius terhadap kesehatan masyarakat. Strain *Extraintestinal Pathogenic Escherichia coli* (ExPEC) yang menyebabkan penyakit ini terutama bertanggung jawab untuk menyerang sel inang manusia (Vila *et al.*, 2016). *E. coli* terutama berada di saluran pencernaan bagian bawah mamalia, seperti manusia, dan sering kali dilepaskan ke lingkungan melalui limbah atau kotoran. Keberadaan *E. coli* di saluran air lingkungan merupakan tanda pencemaran tinja yang terjadi baru-baru ini (Jang *et al.*, 2017).

Hasil analisis statistik terhadap data uji bakteri sampel terhadap bakteri *E. coli* ATCC 25922 (tabel 2) menunjukkan data yang tidak homogen sehingga analisis *Anova* satu faktor tidak dapat dilakukan. Alternatifnya dapat menggunakan uji *Kruskal-Wallis* dimana hasil ujiannya menunjukkan *p-value* sebesar 0,012 (kurang dari 0,05) yang berarti bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kelompok – kelompok sampel.

Analisis statistik dari tabel 1 dilanjutkan dengan uji lanjutan untuk mengetahui perbedaan aktivitas antibakteri antara senyawa kurkumin dengan asam tanat terhadap *E. coli* ATCC 25922. Uji *Kruskal-Wallis* mendapatkan hasil *p-value* sebesar 0,025 (kurang dari 0,05) yang berarti bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kurkumin 2% dengan asam tanat 2%. Data diameter hambatan menyimpulkan bahwa aktivitas antibakteri asam tanat 2% lebih tinggi dibandingkan kurkumin 2% terhadap *E. coli* ATCC 25922 secara *in vitro*.

Pengujian antibakteri dari sampel kurkumin 2% dan asam tanat 2% terhadap *E. coli* ATCC 25922 didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik dari aktivitas antibakteri kurkumin 2% dan asam tanat 2%. Senyawa asam tanat 2% mempunyai aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan senyawa kurkumin 2% terhadap *E. coli* ATCC 25922. Senyawa tanin / asam tanat dapat berpotensi mengurangi infeksi *E. coli* dari saluran pencernaan (Kurniawati, 2017). Dalam penelitian lain menyebutkan bahwa senyawa asam tanat efektif mempunyai aktivitas antibakteri secara signifikan terhadap *E. coli* secara *in vitro* (Abdulkareem *et al.*, 2022). Namun aktivitas antibakteri senyawa asam tanat 2% tidak lebih baik daripada kontrol positifnya (siprofloksasin 5 mcg) terhadap *E. coli* ATCC 25922. Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa asam tanat mempunyai aktivitas antibakteri yang lebih rendah dibandingkan antibiotik siprofloksasin 5 mcg terhadap *E. coli* ATCC 25922.

Senyawa asam tanat 2% dibandingkan kurkumin 2% mempunyai aktivitas yang lebih baik sebagai antibakteri baik terhadap *S. aureus* ATCC 25923 atau *E. coli* ATCC 25922. Asam tanat atau tanin merupakan senyawa polifenol yang banyak terdapat pada tanaman delima (Dakheel *et al.*, 2021), tumbuh-tumbuhan, semak,

sereal, pisang, blackberry, apel dan anggur (Tong *et al.*, 2015). Asam tanat juga terdapat pada daun teh (Rusita *et al.*, 2019).

Asam tanat menunjukkan aktivitas antibakteri spektrum luas khususnya terhadap bakteri gram positif dibanding dengan gram negatif. Aktivitas antibakteri asam tanat mempunyai mekanisme utama inhibitor pompa *NorA Efflux* sehingga memiliki daya antibakteri (Belhaoues *et al.*, 2020). Pada studi lain diketahui bahwa asam tanat dapat menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme aksi pengkhelat besi, penghambatan sintesis dinding sel, merusak membran sel dan penghambatan jalur biosintesis asam lemak (Farha *et al.*, 2020).

Mekanisme aksi kurkumin sebagai antibakteri adalah menghambat faktor virulensi bakteri, menghambat pembentukan biofilm bakteri dan menghambat adhesi bakteri ke reseptor host melalui regulasi *bacterial quorum sensing*. Kurkumin juga dapat memberikan efek sinergis dengan senyawa antibakteri lain (Zheng *et al.*, 2020).

Efektivitas asam tanat sebagai antibakteri menunjukkan kategori sangat kuat terhadap *S. aureus* ATCC 25923 dan kategori kuat terhadap *E. coli* ATCC 25922. Sementara efektivitas kurkumin hanya pada kategori kuat terhadap *S. aureus* ATCC 25923 dan kategori sedang terhadap *E. coli* ATCC 25922. Hal ini menunjukkan daya antibakteri asam tanat lebih kuat dibandingkan kurkumin pada konsentrasi yang sama. Kemampuan antibakteri asam tanat yang lebih kuat dibanding kurkumin terhadap bakteri gram positif dan gram negatif diperkirakan oleh aktivitas asam tanat yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme aksi pengkhelat besi, penghambatan sintesis dinding sel, merusak membran sel dan penghambatan jalur biosintesis asam lemak (Farha *et al.*, 2020). Selain itu, stabilitas kurkumin dalam pelarut polar yang rendah dan

instabilitasnya terhadap cahaya menyebabkan efektivitas kurkumin dapat menurun (Mondal, Ghosh and Moulik, 2016).

SIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa senyawa asam tanat 2% mempunyai aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan kurkumin 2% terhadap *S. aureus* ATCC 25923 dan *E. coli* ATCC 25922 secara *in vitro*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada Universitas Kusuma Husada Surakarta atas bantuan administrasi dan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Belhaoues, S., Amri, S. and Bensouilah, M. (2020) ‘Major phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activities of *Anthemis praecox* Link aerial parts’, *South African Journal of Botany*, 131, pp. 200–205.
- Bonten, M. *et al.* (2021) ‘Epidemiology of *Escherichia coli* bacteremia: a systematic literature review’, *Clinical Infectious Diseases*, 72(7), pp. 1211–1219.
- Dakheel, M.M., Atshan, O.F. and Abdulwahed, A.A. (2021) ‘Nutritional comparison of different levels of pomegranate peel extracts on production values and performance in female rabbits’, *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), pp. 4094–4110.
- Farha, A.K. *et al.* (2020) ‘Tannins as an alternative to antibiotics’, *Food Bioscience*, 38, p. 100751.

- Available at:
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100751>.
- Hakim, L. (2016) *Rempah & Herba: Kebun Pekarangan Rumah Masyarakat*. 1st edn. Yogyakarta: Diandra Pustaka Indonesia.
- Hamdi Abdulkareem, M., Abbas Abood, I. and Munis Dakheel, M. (2022) 'Antimicrobial resistance of tannin extract against E. coli isolates from sheep', *Archives of Razi Institute*, 77(2), p. 697.
- Jang, J. *et al.* (2017) 'Environmental Escherichia coli: ecology and public health implications—a review', *Journal of applied microbiology*, 123(3), pp. 570–581.
- Khasanah, F.E.N. and Husni, P. (2016) 'Nanopartikel Kurkumin Solusi Masalah Kanker dan Antibakteri', *Farmaka*, 14(2), pp. 172–181.
- Kurniawan, I. and Zahra, H. (2021) 'Gallotannins; Biosynthesis, Structure Activity Relationship, Anti-inflammatory and Antibacterial Activity', *Current Biochemistry*, 8(1), pp. 1–16.
- Kurniawati, R.H. (2017) *Daya Antibakteri Ekstrak Etanol Rambut Jagung (Zea mays L.) terhadap Bakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli= The Antibacterial Capability of Extract Ethanol Corn Silk (Zea mays L.) Against Staphylococcus aureus and Escherichia coli Bacteria*. Program Studi Biologi FB-UKSW.
- Mondal, S., Ghosh, S. and Moulik, S.P. (2016) 'Stability of curcumin in different solvent and solution media: UV-visible and steady-state fluorescence spectral study', *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 158, pp. 212–218.
- do Nascimento, J.M. *et al.* (2021) 'Evaluation of the influence of temperature on the protein-tannic acid complex', *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, pp. 2056–2065.
- Otto, M. (2014) 'Staphylococcus aureus toxins', *Current opinion in microbiology*, 17, pp. 32–37.
- Rosyada, A.G. *et al.* (2023) 'pembentukan biofilm Staphylococcus aureus ATCC 25923: penelitian eksperimental laboratoris'.
- Rusita, Y.D. *et al.* (2019) 'Comparison of Tannin Concentration on Fresh and Dried Tea Leaf (Camelia sinensis L.) Extract Using UV-Visible Spectrophotometric Method', in *Proceeding of International Conference on Science, Health, And Technology*, pp. 7–9.
- Ruwandha, D. (2021) 'Uji Aktivitas Tanin Daun Mimba (*Azadirachta indica*) terhadap bakteri *Salmonella typhi*', *Jurnal Kimia Riset*, 6(1), pp. 77–85.
- Sandikçi Altunatmaz, S. *et al.* (2016) 'Antimicrobial effects of curcumin against L. monocytogenes, S. aureus, S. Typhimurium and E. coli O157: H7 pathogens in minced meat', *Veterinárna medicína* [Preprint].
- Siamtuti, W.S. *et al.* (2017) 'Potensi tannin pada ramuan nginang sebagai insektisida nabati yang ramah lingkungan', *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 3(2), pp. 83–93.
- Taylor, T.A. and Unakal, C.G. (2017) 'Staphylococcus aureus infection'.
- Tong, S.Y.C. *et al.* (2015) 'Staphylococcus aureus infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management',



- Clinical microbiology reviews*,
28(3), pp. 603–661.
- Vila, J. *et al.* (2016) ‘Escherichia coli: an old friend with new tidings’,
FEMS microbiology reviews,
40(4), pp. 437–463.
- Zheng, D. *et al.* (2020) ‘Antibacterial mechanism of curcumin: a review’,
Chemistry & Biodiversity, 17(8), p. e2000171.