

Aktivitas Antibakteri Minuman Fermentasi Tepache Terhadap *Proteus mirabilis* dan *Staphylococcus aureus* Penyebab Infeksi Saluran Kemih

Anggi Tiara

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; anggitiara5656@gmail.com

Melinda Yulianti

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; melindayul1234@gmail.com

Respati Putri Carissa

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; respaticarissa@gmail.com

Salsya Islami Pasha

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; salsya.islamipasha061203@gmail.com

Novita Wuladari

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; novitawulan71@gmail.com

Seprida Mega Amanda

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; sepridamegaa@gmail.com

Firdha Rachmawati

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; firdhar1@gmail.com

Patricia Gita Naully

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia; patricia.gita@lecture.unjani.ac.id (koresponden)

ABSTRACT

Urinary tract infections can be caused by several types of bacteria, including *Proteus mirabilis* and *Staphylococcus aureus*. Urinary tract infections caused by these two bacteria can be treated with antibacterials such as penicillin, methicillin, or ampicillin, which often cause resistance, so alternative antibacterial compounds derived from natural ingredients are needed. Tepache is a prehistoric Mexican fermented drink usually made from pineapple peel. Several studies have reported that Tepache contains probiotics and can inhibit the growth of *Escherichia coli*. The purpose of this study was to make a Tepache drink and test its antibacterial activity against *P. mirabilis* and *S. aureus* bacteria. This study began with the fermentation of Tepache for 10 days. The antibacterial activity of Tepache against *P. mirabilis* and *S. aureus* bacteria was tested using the diffusion method, by comparing concentrations of 15%, 25%, 50% and 100%. The results showed that tepache fermentation was successful with a final pH of 3. Tepache with various concentrations of 15%, 25%, 50%, and 100% produced inhibition zones for *P. mirabilis* and *S. aureus*. Tepache with a concentration of 100% produced the largest inhibition zones, namely 12.75 mm for *P. mirabilis* and 13.5 mm for *S. aureus*. Therefore, it can be concluded that tepache has antibacterial activity at an optimum concentration of 100%.

Keywords: antibacterial; tepache; *Proteus mirabilis*; *Staphylococcus aureus*

ABSTRAK

Infeksi saluran kemih dapat disebabkan oleh beberapa jenis bakteri antara lain *Proteus mirabilis* dan *Staphylococcus aureus*. Infeksi saluran kemih yang disebabkan oleh kedua bakteri tersebut dapat diobati dengan antibiotik seperti penisilin, metisilin, atau ampicilin, yang sering menyebabkan resistensi, sehingga dibutuhkan senyawa antibakteri alternatif yang berasal dari bahan alami. Tepache adalah minuman fermentasi pra-sejarah Meksiko yang biasanya dibuat dari kulit nanas. Beberapa penelitian melaporkan bahwa Tepache mengandung probiotik dan dapat menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*. Tujuan penelitian ini adalah membuat minuman Tepache dan menguji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*. Penelitian ini diawali dengan fermentasi Tepache selama 10 hari. Aktivitas antibakteri Tepache terhadap bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus* diuji dengan metode difusi, dengan membandingkan konsentrasi 15%, 25%, 50% dan 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi Tepache berhasil dilakukan dengan pH akhir 3. Tepache dengan varian konsentrasi sebesar 15%, 25%, 50% dan 100% dapat menghasilkan zona hambat pada *P. mirabilis* dan *S. aureus*. Tepache dengan konsentrasi 100% dapat menghasilkan zona hambat terbesar yaitu 12,75 mm pada *P. mirabilis* dan 13,5 mm pada *S. aureus*. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa Tepache memiliki aktivitas antibakteri pada konsentrasi optimum sebesar 100%.

Kata kunci: antibakteri; Tepache; *Proteus mirabilis*; *Staphylococcus aureus*

PENDAHULUAN

Infeksi Saluran Kemih (ISK) merupakan salah satu penyakit infeksi yang paling sering terjadi di dunia.⁽¹⁾ Pada tahun 2022, diketahui jumlah kasus ISK secara global sebanyak 404,61 juta kasus dan menyebabkan lebih dari 236 ribu kematian.⁽²⁾ ISK merupakan keadaan yang menunjukkan keberadaan mikroba pada saluran kemih. Infeksi tersebut ditandai dengan pertumbuhan mikroba lebih dari 100.00 CFU/mL pada kultur urin.⁽³⁾ ISK dapat disebabkan oleh mikroflora normal usus yang hidup dalam introitus vagina, perposium, penis, kulit perinium dan

sekitar anus.⁽⁴⁾ ISK terjadi karena mikroba tersebut memperbanyak diri di dalam saluran kemih sehingga mengakibatkan peradangan pada saluran kemih.⁽⁵⁾

ISK dapat disebabkan oleh berbagai jenis bakteri diantaranya bakteri *Escherichia coli* (72,2%), *Staphylococcus aureus* (30,5%), *Klebsiella pneumoniae* (12,4%), *Proteus mirabilis* (9,0%), *Acinetobacter baumannii* (8,5%), dan *Pseudomonas aeruginosa* (1,2%).⁽⁶⁾ ISK akibat *S. aureus* dapat diobati dengan antibiotik penisilin dan metisilin, tetapi beberapa penelitian melaporkan bahwa bakteri ini telah memiliki sifat resisten terhadap kedua antibiotik tersebut.⁽⁷⁾ Resistensi terhadap penisilin terjadi karena bakteri *S. aureus* dapat memproduksi berupa enzim beta-laktamase yang kemudian memecah cincin beta-laktam sehingga antibiotik tersebut *inactive*.⁽⁸⁾ Resistensi terhadap antibiotik metisilin atau lebih dikenal sebagai *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) terjadi karena adanya perubahan pada protein pengikat metisilin yang mengakibatkan afinitas protein terhadap antibiotik tersebut sangat rendah.⁽⁹⁾

Bakteri *P. mirabilis* yang menyebabkan ISK dapat diobati menggunakan antibiotik amikacin, gentamicin, cefazoline, siprofloksasin dan ampisilin.⁽¹⁰⁾ Hanya saja penggunaan antibiotik ini perlu dilakukan dalam jangka panjang sehingga dapat menyebabkan resistensi dan mempercepat pertumbuhan bakteri tersebut. Selain itu, bakteri *P. mirabilis* memiliki sifat resisten yang tinggi terhadap antibiotik *fluoroquinolone*, *ceftriaxone*, *ceftazidime*, *penicillin*, *cefepime*, *sulfonamide* dan *monobactam*. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi permasalahan tersebut dibutuhkan senyawa antibakteri alternatif yang berbahan dasar alami, salah satu bahan tersebut ialah Tepache.

Tepache adalah minuman fermentasi pra-sejarah Meksiko yang aslinya dibuat dengan jagung. Tepache juga merupakan minuman berbahan dasar buah yang difermentasi menjaga mikrobioma usus, meningkatkan daya cerna makanan, mengurangi resiko berkembangnya gaya hidup dan gangguan lambung.⁽¹¹⁾ Tepache saat ini biasanya dibuat dengan kulit nanas, gula merah, air dan terkadang ditambahkan dengan kayu manis juga merica.⁽¹²⁾ Minuman fermentasi mengandung sejumlah bakteri baik atau probiotik yang bermanfaat untuk mencegah atau menyembuhkan penyakit yang berkaitan dengan sistem pencernaan pada tubuh.⁽¹³⁾ Selain itu, kandungan probiotik juga memiliki kemampuan dalam memproduksi senyawa yang bersifat antimikroba, serta mampu melawan patogen ketika proses *sticking* atau penempelan di bagian dalam saluran cerna.⁽¹⁴⁾

Tepache mengandung enzim bromelin yang efektif dalam proses penghambatan pertumbuhan dari bakteri *E. coli*. Beberapa penelitian juga telah melaporkan bahwa Tepache memiliki aktivitas antimikroba dan efektif untuk menghambat pertumbuhan *E. coli* sebesar 1,99 mm.⁽¹⁴⁾ Hanya saja aktivitas antimikroba minuman Tepache ini belum pernah diuji pada bakteri *P. mirabilis* dan bakteri *S. aureus*. Oleh karena itu penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat minuman Tepache serta menguji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus* penyebab ISK.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bakteriologi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi, pada bulan Maret sampai April 2023. Dalam pembuatan minuman fermentasi Tepache, buah yang digunakan adalah kulit nanas. Kulit nanas dibersihkan dan dicuci dengan air keran hingga kotoran tidak ada yang menempel. Kulit nanas sebanyak 500 gram dipotong dan dicampurkan dengan 50 gram gula merah, 8 sendok makan gula pasir, dan 2 liter air mineral dalam toples kosong. Toples ditutup menggunakan kain kasa dan diaman selama 7-10 hari sehingga didapatkan fermentasi Tepache yang baik. Selama proses fermentasi berlangsung dilakukan pengukuran pH menggunakan kertas lakmus atau kertas pH yang bertujuan untuk melihat perubahan yang terjadi pada proses fermentasi pada Tepache.

Dalam uji antibakteri Tepache, *P. mirabilis* dan *S. aureus* ditumbuhkan dengan cara ditanam pada media *Nutrient Agar* (NA) dan kemudian dinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Bakteri yang tumbuh disuspensikan menggunakan NaCl fisiologis hingga kekeruhannya setara dengan larutan 0,5 McFarland (1,5 x 10⁸ CFU/mL), suspensi tersebut diinokulasikan secara menyeluruh pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA) dengan metode gores menggunakan swab yang steril. Kemudian dilanjutkan dengan metode difusi, dimasukan Tepache kedalam sumuran 50 µl dengan pengulangan konsentrasi 15, 25, 50, dan 100%. Kontrol positif dibuat dengan menggunakan antibiotik ampisilin sedangkan kontrol negatif menggunakan *aquadest* steril. Media MHA lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Hasil zona hambat yang terbentuk pada media kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong sebagai penanda daerah hambatan (zona inhibisi) pertumbuhan bakteri.

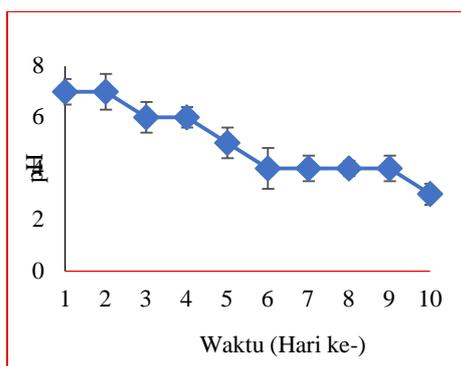
Data yang didapatkan diolah menggunakan program aplikasi SPSS. Diawali dengan uji kenormalan data, jika hasilnya data telah terdistribusi normal kemudian dilanjutkan uji *One Way ANOVA*. Apabila data tidak terdistribusi normal setelah dilakukan transformasi, maka dilakukan dengan uji *Kruskall-Wallis*. Selanjutnya uji *Post Hoc* untuk mengetahui perbedaan nilai signifikan terhadap perlakuan atau konsentrasi ($p \leq 0,05$).

HASIL

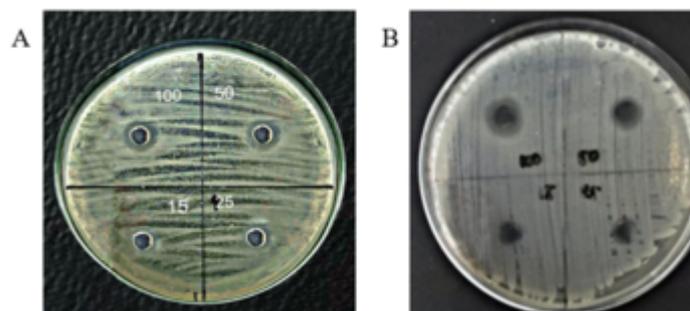
Dalam penelitian ini, Tepache berhasil dibuat selama 10 hari. Tepache berwarna *golden brown* (kecoklatan) dan didalamnya terdapat gelembung gas karbondioksida yang terbentuk dari katabolisme anaerobik. Pada proses fermentasi dilakukan pengukuran pH untuk melihat perubahan yang terjadi. Hasil yang diperoleh bahwa semakin lama fermentasi berlangsung maka pH larutan semakin menurun dari 7 menjadi 3 (Gambar 1). Pada hari ke-4 sampai ke-6 terjadi penurunan pH. kondisi ini mengindikasikan bahwa alkohol yang terbentuk terbukti telah berubah menjadi asam asetat. Hal tersebut menyebabkan kandungan pH pada produk yang diuji memiliki penurunan nilai dan terjadi dalam waktu yang relatif cepat, dengan didapatkan pH akhir dari Tepache yaitu 3 pada hari ke-10.

Uji antimikroba Tepache dari kulit nanas terhadap bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus* berhasil dilakukan, didapatkan adanya zona hambat pada konsentrasi 15%, 25%, 50%, dan 100% (Gambar 2), akan tetapi diameter pada zona hambat yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan kontrol positif (Gambar 3). Kontrol positif

yang digunakan pada *P. mirabilis* dan *S. aureus* adalah ampicilin 10 µg dengan zona hambat sebesar 31 mm dan 23 mm, lalu pada kontrol negatif yang digunakan akuades tidak terbentuk zona hambat.



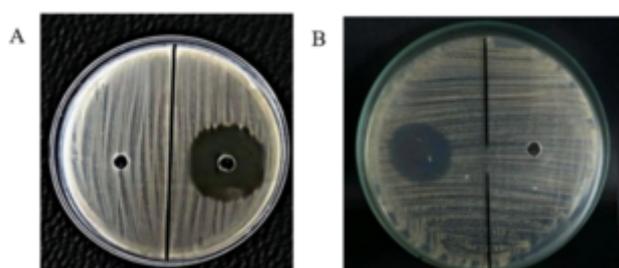
Gambar 1. Kurva penurunan pH Tepache



Gambar 2. Zona Hambat Tepache terhadap bakteri A. *Proteus mirabilis* dan B. *Staphylococcus aureus*

Tabel 1. Hasil diameter zona hambat Tepache terhadap bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*

Sampel uji	Konsentrasi (%)	Rerata diameter zona hambat (mm)
<i>Proteus mirabilis</i>	15	8.21 ± 0.70
	25	9.84 ± 0.79
	50	11.04 ± 1.08
	100	12.75 ± 1.82
<i>Staphylococcus aureus</i>	15	6.1 ± 0.3
	25	9.0 ± 0.9
	50	10.1 ± 1.0
	100	13.5 ± 1.0
Kontrol negatif <i>P. mirabilis, S. aureus</i> (Aquadest)		0
Kontrol positif <i>P. mirabilis</i> (Ampisilin)		31
Kontrol positif <i>S. aureus</i> (Ampisilin)		23



Gambar 3. Kontrol positif dan kontrol negatif bakteri A. *Proteus mirabilis* dan B. *Staphylococcus aureus*

Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa Tepache dapat menghambat pertumbuhan bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*. Tepache dengan konsentrasi sebesar 100% dapat menghasilkan zona hambat terbesar yaitu 12.75 ± 1,82 mm pada *P. mirabilis*, dan 13,5 ± 1,0 mm pada *S. aureus* (Tabel 1).

Berdasarkan uji statistik terhadap zona hambat yang dihasilkan empat varian konsentrasi fermentasi Tepache didapatkan hasil nilai *p-value* = 0,002 pada bakteri *P. mirabilis* (Tabel 2) dan *p-value* = 0,000 pada bakteri *S. aureus* (Tabel 3). Nilai tersebut menunjukkan *alpha* 5% ($p \leq 0,05$). Maka dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh secara signifikan antara variabel independen dan variabel dependen atau adanya perbedaan zona hambat terhadap variasi konsentrasi Tepache. Analisis lebih lanjut dilakukan dengan uji *Pos Hoc* untuk membuktikan bahwa adanya perbedaan signifikan terhadap konsentrasi 15% dan 100%.

Tabel 2. Hasil uji statistik variasi konsentrasi tepache terhadap zona hambat *P. mirabilis*

Konsentrasi	Mean	SD	95% CI	<i>p-value</i>
15%	8.53	0.4	7.88 - 9.19	0.002
25%	9.84	0.7	8.59 - 11.09	
50%	11.04	1.0	9.32 - 12.75	
100%	12.74	1.9	9.84 - 15.64	

Tabel 3. Hasil uji statistik variasi konsentrasi tepache terhadap zona hambat *S. aureus*

Konsentrasi	Mean	95% CI	<i>p-value</i>
15%	6,3 ± 0,3	5,87-6,73	0,000
25%	8,0 ± 0,7	6,95-9,20	
50%	11,0 ± 0,5	8,40-11,70	
100%	13,5 ± 0,6	10,82-14,38	

PEMBAHASAN

Tepache merupakan minuman fermentasi dari kulit yang dimaniskan dengan gula *piloncillo*, sejenis gula merah dari tebu sama halnya dengan gula jawa biasa.⁽¹⁵⁾ Dalam penelitian ini, fermentasi Tepache menggunakan metode heterofermentatif secara spontan dimana mikroorganisme alami dari bahan tidak dilakukan perlakuan tambahan dari mikroorganisme seperti *starter* atau ragi.⁽¹⁶⁾ Selama proses perendaman kulit nanas terjadi perubahan sifat yang disebabkan oleh aktivitas bakteri asam laktat, bakteri asam laktat merupakan hasil akhir dari proses metabolisme pada gula atau karbohidrat yang memiliki kemampuan untuk menurunkan nilai pH dari lingkungan pertumbuhannya, sehingga akan ada timbulnya rasa asam,⁽¹⁷⁾ serta menghasilkan antibiotik bakteriosin yang dapat menghentikan pertumbuhan bakteri pembusuk.⁽¹⁸⁾

Nilai pH sangat berhubungan dengan jumlah produksi dari asam laktat, semakin rendah pH, maka semakin tinggi jumlah produksi asam laktat. Jika nutrisi semakin banyak tersedia, maka semakin banyak bakteri asam laktat yang tumbuh.⁽¹⁴⁾ Bakteri ini menggunakan sukrosa dalam pertumbuhannya sehingga membuat Tepache semakin asam. Ketika bakteri asam laktat difermentasi, bakteri tersebut akan menghasilkan asam sehingga apabila semakin banyak asam laktat yang dihasilkan, maka keasaman dari Tepache juga akan ikut terpengaruh.

Hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil minuman Tepache dapat menghambat pertumbuhan bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*. Kulit nanas yang telah difermentasi memiliki kemampuan untuk menghambat

bakteri patogen.⁽¹¹⁾ Kandungan dalam Tepache seperti pH, senyawa aktif flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, enzim bromelin pada kulit nanas, dan probiotik bakteri asam laktat pada Tepache merupakan tiga kandungan yang sangat penting untuk mencegah pertumbuhan bakteri.⁽¹⁴⁾ Dalam penelitian ini, Tepache memiliki pH akhir yaitu 3, dimana dalam rentang pH tersebut Tepache dapat menghambat pertumbuhan bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*. Nilai pH merupakan faktor penting dalam pertumbuhan bakteri, karena bakteri memerlukan pH optimum dalam pertumbuhannya. Bakteri yang hidup pada pH 3-4, 5 akan mati termasuk bakteri patogen seperti *P. mirabilis* yang memiliki pH >7,⁽¹⁹⁾ dan *S. aureus* yang memiliki pH optimum pada 7,0-7,5.⁽²⁰⁾ Perubahan nilai pH dapat mempengaruhi kemampuan enzim dalam membentuk substratnya hal ini menyebabkan proses denaturasi yang dapat menurunkan aktivitas enzim sehingga jumlah pertumbuhan bakteri dapat menurun.⁽²¹⁾

Kandungan senyawa antibakteri pada kulit nanas dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Sebuah studi menyatakan adanya kandungan senyawa aktif pada kulit nanas berupa alkaloid, saponin, tanin, flavonoid dan bromelin.⁽¹⁶⁾ Sebagai antibakteri, flavonoid memiliki kemampuan untuk menghancurkan sintesis asam nukleat, dengan cara menghentikan kerja membran sel dan metabolisme energi.⁽²²⁾ Selain itu, flavonoid mengandung senyawa fenolik yang dapat menyebabkan protein sel terdenaturasi sehingga permeabilitas dinding sel bakteri terganggu, menyebabkan sel menjadi lisis.⁽²³⁾ Alkaloid membunuh bakteri dengan merusak bagian peptidoglikan sel bakteri, menyebabkan kematian sel dan lisis sel.⁽²⁴⁾ Saponin bekerja dengan menurunkan tegangan permukaan sehingga meningkatkan permeabilitas sel yang menyebabkan senyawa dalam sel keluar, melepaskan senyawa ini dapat menghambat metabolisme dan mengurangi jumlah ATP yang diperlukan sel bakteri untuk tumbuh.⁽²⁵⁾ Tanin dapat menginaktivasi bakteri dengan cara mengentikan enzim *reverse transcriptase* dan DNA *topoisomerase*.⁽²⁶⁾ Enzim bromelin yang terdapat di jaringan nanas memiliki fungsi untuk memecah protein dengan cara hidrolisis ikatan peptide menjadi asam amino kemudian menyebabkan dinding bakteri melemah.⁽²⁷⁾ Antimikroba pada bakteri asam laktat yang terkandung pada Tepache berperan aktif menghambat bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*, penelitian sebelumnya juga menunjukkan hasil yang sama.⁽²⁸⁾

Fermentasi Tepache dapat menghambat pertumbuhan bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus* dengan konsentrasi maksimum 100%. Penelitian lain oleh Jemima *et al.*, 2023 yang pernah menguji Tepache menggunakan bakteri *S. aureus* menunjukkan hasil tidak ada aktivitas bakteri, hal ini bisa terjadi karena penggunaan gula dan metode yang berbeda dari penelitian ini. Selain itu ada pula antibakteri yang diuji berupa fermentasi ekstrak kasar rumput laut coklat atau *Sargassum polycystum* pada bakteri *S. aureus*, terdapat zona hambat berukuran sebesar 11,07 mm pada konsentrasi 100%.⁽²⁹⁾ Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi Tepache memiliki aktivitas antibakteri terhadap *P. mirabilis* dan *S. aureus* lebih baik dibandingkan dengan fermentasi ekstrak tersebut walaupun perbandingannya tidak terlalu jauh.

Uji aktivitas antimikroba yang dilakukan dengan varian konsentrasi Tepache 15, 25, 50, dan 100% didapatkan hasil bahwa Tepache dapat menghambat bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus* dengan konsentrasi yang paling efektif yaitu 100%. Pada uji *Post Hoc*, bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus* memiliki perbedaan daya hambat signifikan pada setiap masing-masing perlakuan. Pada penelitian ini, konsentrasi terbesar 100% pada Tepache terbukti dapat menghambat pertumbuhan dari bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*, dengan zona hambat sebesar 12,75 mm pada *P. mirabilis*, sedangkan zona hambat *S. aureus* sebesar 13,5 mm. Konsentrasi Tepache yang lebih tinggi menyebabkan diameter zona hambat meningkat, hal ini disebabkan oleh konsentrasi tertinggi pada Tepache mengandung senyawa aktif antibakteri lebih tinggi daripada konsentrasi 15, 25, dan 50%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian oleh Tivani & Muldyana,⁽¹⁴⁾ bahwa perlakuan yang berbeda memiliki potensi sebagai antibakteri, namun apabila konsentrasi semakin tinggi, maka akan semakin besar pula zona hambat yang dihasilkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Walaupun Tepache memiliki mampu untuk menghambat tumbuhnya bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus*, tetapi zona hambat yang terbentuk lebih kecil daripada antibiotik ampicilin. Ampicilin digunakan sebagai kontrol positif dikarenakan antibiotik tersebut telah efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram negatif seperti bakteri *P. mirabilis* maupun Gram positif seperti bakteri *S. aureus*.⁽³⁰⁾ Mekanisme kerja dari ampicilin yaitu menghentikan sintesis pada bagian dinding sel bakteri dengan cara mengikat penisilin-protein, kemudian dihambatnya sintesis pada peptidoglikan di dalam dinding sel bakteri pada tahap akhir transpeptidase, hal ini yang menyebabkan sel bakteri pecah atau lisis.⁽³¹⁾

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa keterbatasan. Pada hasil penelitian dapat terlihat bahwa zona hambat yang dihasilkan oleh Tepache terhadap *P. mirabilis* dan *S. aureus* masih lebih kecil dibandingkan dengan kontrol positifnya yaitu ampicilin. Pada penelitian ini juga belum dilakukan identifikasi komponen bioaktif dalam Tepache yang berperan sebagai antibakteri. Selain itu, penelitian ini hanya terbatas pada dua jenis bakteri penyebab infeksi saluran kemih sehingga efektivitas Tepache terhadap bakteri lain belum dapat diketahui.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menganalisis kandungan bioaktif Tepache agar dapat mengetahui senyawa yang berperan dalam aktivitas antibakteri. Selain itu, sebaiknya dilakukan uji antibakteri terhadap bakteri patogen yang lain untuk mengetahui spektrum aktivitas antibakteri Tepache.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa minuman Tepache memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri penyebab ISK. Tepache dapat menghambat pertumbuhan bakteri *P. mirabilis* dan *S. aureus* dengan zona hambat berukuran sebesar 12,75 mm dan 13,5 mm. Konsentrasi optimum Tepache yang dapat menghasilkan zona hambat terbesar adalah 100%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Medina M, Castillo-Pino E. An introduction to the epidemiology and burden of urinary tract infections. *Ther Adv Urol*. 2019 May;11:1756287219832172.
2. Al-Anany AM, Hooley PB, Cook JD, Burrows LL, Martyniuk J, Hynes AP, et al. Phage Therapy in the management of urinary tract infections: A comprehensive systematic review. *PHAGE Ther Appl Res*. 2023 Sep;4(3):112–27.

3. Sakina SR. Nitrit urin sebagai faktor prediktor bakteriuria pada pasien infeksi saluran kemih. Fak Kedokt Univ Islam Sultan Agung Semarang. 2023;
4. Yashir M, Apriani A. Variasi bakteri pada penderita infeksi saluran kemih (ISK). J MEDIA Kesehat. 2019 Dec;12(2):102–9.
5. Syaidah MS. Analisis biaya langsung medis pengobatan infeksi saluran kemih menggunakan kombinasi ceftriaxon-cefixim dibandingkan dengan ceftriaxon tunggal di RSUD Provinsi NTB. Universitas Muhammadiyah Mataram; 2019.
6. Maione A, Galdiero E, Cirillo L, Gambino E, Gallo MA, Sasso FP, et al. Prevalence, resistance patterns and biofilm production ability of bacterial uropathogens from cases of community-acquired urinary tract infections in South Italy. Pathogens. 2023 Mar;12(4):537.
7. Guo Y, Song G, Sun M, Wang J, Wang Y. Prevalence and therapies of antibiotic-resistance in *Staphylococcus aureus*. Front Cell Infect Microbiol. 2020;10.
8. Yuwono H. Buku MRSA. In Universitas Sriwijaya; 2020.
9. Abebe AA, Birhanu AG. Methicillin resistant *Staphylococcus aureus*: molecular mechanisms underlying drug resistance development and novel strategies to combat. Dovepress. 2023 Dec;16:7641–62.
10. Arnatha IN, Pinatih KJP, Kurniawathi NLR. Karakteristik isolat proteus mirabilis pada spesimen urin di RSUD Sanglah selama tahun 2018-2019. J Kedokt. 2021 May;6(2):121–30.
11. Setiyanto B. Tepache; minuman fermentasi dari kulit nanas. 2021.
12. Gutiérrez-Sarmiento W, Peña-Ocaña BA, Lam-Gutiérrez A, Guzmán-Albores JM, Jasso-Chávez R, Ruíz-Valdiviezo VM. Microbial community structure, physicochemical characteristics and predictive functionalities of the Mexican tepache fermented beverage. Microbiol Res. 2022 Jul;260:127045.
13. Andriani AD, Lokapirnasari WP, Karimah B, Hidanah S, Al-Arif MA, Soeharsono S, et al. Efektifitas probiotik lactobacillus casei dan lactobacillus rhamnosus sebagai pengganti antibiotik growth promoter terhadap total kolesterol, low density lipoprotein dan high density lipoprotein ayam broiler. J Med Vet. 2020 Mar;3(1):114–22.
14. Tivani I, Muldyana T. Effectiveness of palm sugar tepache, coconut sugar and its combination against *Escherichia coli* bacteria. Jambura J Heal Sci Res. 2023;5(1):132–8.
15. Sukriadi EH, Rustomo WT, Astiana R. Tepache kulit nanas. J Pariwisata Indones. 2022 Jun;18(1):28–37.
16. Jemima D, John S, Monica S. Characterization of microflora, antioxidant and antibacterial activities of Tepache -A fermented fruit beverage. Indian J Appl Pure Bio. 2023 Jun;38(2):618–29.
17. Escobar-Ramírez MC, Jaimez-Ordaz J, Escorza-Iglesias VA, Rodríguez-Serrano GM, Contreras-López E, Ramírez-Godínez J, et al. Lactobacillus pentosus ABHEAU-05: An in vitro digestion resistant lactic acid bacterium isolated from a traditional fermented Mexican beverage. Rev Argent Microbiol. 2020;52(4):305–14.
18. Nurraifah Y, Arief II, Ulupi N. Penggunaan bakteriosin yang diproduksi oleh *Lactobacillus plantarum* sebagai pengawet alami untuk daging ayam yang disimpan di suhu ruang. J Ilmu Produksi dan Teknol Has Peternak. 2021 Jan;9(1):7–14.
19. Wasfi R, Hamed SM, Amer MA, Fahmy LI. Proteus mirabilis biofilm: development and therapeutic strategies. Front Cell Infect Microbiol. 2020;10:414.
20. Rizal S, Nurainy F, Asrialni EP. Aktivitas antibakteri minuman sinbiotik cincau hijau dengan penambahan sari buah terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* selama penyimpanan. Pros Semin Nas Pengemb Teknol Pertanian. 2019;75–85.
21. Hanum SH, Poernomo AT, Sudjarwo, Rosyidah S. Effect of pH, temperature, and metalactivator on the activity of fibrinolytic enzymes produced by *Pseudomonas aeruginosa* Ts 6.4. Berk Ilm Kim Farm. 2022;9(1):9–12.
22. Khairiah S, Oktiani BW, Putri DKT. Efektivitas antibakteri ekstrak daun kasturi (*Mangifera casturi*) terhadap pertumbuhan bakteri *Porphyromonas gingivalis*. DENTIN J Kedokt GIGI. 2020;4(3).
23. Rahmawati IS, Widyanto RM, Maulidiana AR, Madani MS, Riski CN. Aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak etanol buah iha (*Dimocarpus longan* var. *malesianus* Leenh) terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*). J Al-AZHAR Indones SERI SAINS DAN Teknol. 2022 May;7(2):137–46.
24. Kurang RY, Penlaana R. Daya hambat ekstrak metanol dan etil asetat daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) terhadap bakteri *Escherichia Coli*. Report. 2022;4(1):22-28.
25. Wahyuni, Karim SF. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kacapiring (*Gardenia jasminoides* Ellis) terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. J Sains dan Kesehatan. 2020;2(4):399–404.
26. Kangsudarman Y. Aktivitas antibakteri ekstrak air bonggol dan kulit nanas (*Ananas comosus* L. Merr) terhadap jumlah koloni *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Banjarmasin: FK-ULM; 2022.
27. Nurnaningsih H, Laela DS. Efektivitas daya antibakteri berbagai konsentrasi enzim bromelain dari ekstrak buah nanas *Ananas comosus* (L.) Merr. terhadap *Streptococcus mutans* secara in-vitro. Padjadjaran J Dent Res Students. 2022 Feb;6(1):74–81.
28. Pongarrang TW. Optimasi aktivitas bakteriosin yang dihasilkan oleh *Lactobacillus plantarum* berdasarkan uji variasi waktu inkubasi terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Makassar: UNHAS; 2022.
29. Riwanti P, Andayani R, Trinanda L. Uji aktivitas antibakteri *Sargassum polycystum* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. J Pharm Sci. 2021 Jan;6(1):19–23.
30. Fatimah S, Prasetyaningsih Y, Astuti RW. Efektifitas antibakteri ekstrak daun pegagan (*Centella asiatica*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Lumbung Farm J Ilmu Kefarmasian. 2022 Jan;3(1):61–8.
31. Maqbool M, Akmal DMN, Tahir DA. Antimicrobial resistance and drug profile of ampicillin. IAJPS. 2020;7(3):687–90.