

Perbandingan Aktivitas Antibakteri Berbagai Cuka Buah Tropis Hasil Fermentasi Spontan terhadap Bakteri Patogen

Comparison of the Antibacterial Activity of Various Spontaneously Fermented Tropical Fruit Vinegars Against Pathogenic Bacteria

Hanik Faizah*, Fadila Ayu Puspitasari, Mufidur Rohman, Hayyin Natul Qolbil Imroh, Tsabita Zharfa Adlina
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

*E-mail Korespondensi: hanikfaizah@uinsa.ac.id

ABSTRAK

Cuka buah merupakan produk fermentasi mengandung asam organik dan senyawa bioaktif memiliki aktivitas antibakteri. Penelitian ini mengkaji aktivitas antibakteri cuka kelengkeng dengan variasi gula, cuka daging buah naga, cuka kulit buah naga, dan kombinasi keduanya terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Propionibacterium acnes*. Sampel dibuat melalui fermentasi spontan dan diuji dengan metode difusi cakram. Cuka kelengkeng dengan gula 0% menunjukkan daya hambat tertinggi terhadap *S. aureus* (10,36 mm) dan *E. coli* (7,39 mm), sedangkan cuka kelengkeng dengan gula 20% menghasilkan zona hambat terbesar terhadap *P. acnes* (31,86 mm). Cuka daging buah naga menunjukkan daya hambat tertinggi terhadap *S. aureus* (10,22 mm), sedangkan kulit buah naga terhadap *E. coli* (8,70 mm) dan *P. acnes* (17,21 mm).

Kata kunci:

Buah-buahan tropis, Cuka, *Escherichia coli*, *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus aureus*

ABSTRACT

Fruit vinegar is a fermented product containing organic acids and bioactive compounds with antibacterial activity. This study investigated the antibacterial activity of longan vinegar with varying sugar concentrations, dragon fruit pulp vinegar, dragon fruit peel vinegar, and their combination against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Propionibacterium acnes*. The samples were produced through spontaneous fermentation and tested using the disc diffusion method. Longan vinegar with 0% sugar showed the highest inhibition against *S. aureus* (10.36 mm) and *E. coli* (7.39 mm), while longan vinegar with 20% sugar produced the largest inhibition zone against *P. acnes* (31.86 mm). Dragon fruit pulp vinegar showed the highest inhibition against *S. aureus* (10.22 mm), while dragon fruit peel vinegar showed inhibition against *E. coli* (8.70 mm) and *P. acnes* (17.21 mm).

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 14 Jul 2026

First Revised 15 Aug 2026

Accepted 27 Aug 2026

First Available online 1 Sep 2026

Publication Date 1 Sep 2026

Keyword:

Escherichia coli,
Propionibacterium acnes,
Staphylococcus aureus, Tropical
Fruits, and Vinegars

1. PENDAHULUAN

Infeksi bakteri merupakan salah satu permasalahan kesehatan global yang terus mengalami peningkatan prevalensi dan kompleksitas. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa resistensi antimikroba telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat dunia, dengan jutaan kasus infeksi yang disebabkan oleh bakteri patogen yang resisten terhadap antibiotik konvensional (WHO, 2022). Infeksi ini dapat ditularkan melalui individu yang terinfeksi, hewan pembawa, maupun benda mati yang telah terkontaminasi (WHO, 2023). Selain itu, banyak infeksi bakteri bersifat endogen, yaitu berasal dari flora normal tubuh manusia yang dalam kondisi tertentu dapat berubah menjadi agen infeksi (Kolář, 2020). Beberapa contoh bakteri flora normal yang keberadaannya dapat menimbulkan infeksi di dalam tubuh antara lain adalah *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Propionibacterium acnes*, karena dapat menyebabkan berbagai infeksi klinis pada manusia.

Secara morfologi, *Staphylococcus aureus* tergolong bakteri gram positif berbentuk kokus yang cenderung berkumpul membentuk formasi seperti gerombolan anggur, dan dikenal luas sebagai salah satu patogen oportunistik utama penyebab infeksi pada manusia. Spektrum penyakit yang ditimbulkannya cukup luas, mulai dari gangguan kulit dan jaringan lunak yang relatif ringan seperti impetigo maupun selulitis, hingga kondisi sistemik yang lebih berat, misalnya bakteremia, endokarditis, pneumonia, dan sindrom syok toksik (Del Giudice, 2020). Sementara itu, *Escherichia coli* tergolong bakteri gram negatif berbentuk batang pendek dengan ciri khas mampu memicu peradangan awal pada sistem pencernaan, seperti diare pada anak-anak dan traveler's diarrhea. Selain menyerang usus, bakteri ini juga dapat menyebabkan infeksi pada organ lain di luar saluran pencernaan (Fadlurrahman et al., 2022). Adapun *Propionibacterium acnes* digolongkan sebagai bakteri gram positif yang secara alami menghuni kelenjar sebaceous (kelenjar minyak kulit). Pada kondisi normal, bakteri ini tidak bersifat patogen. Namun, ketika terjadi ketidakseimbangan pada kulit inang misalnya peningkatan produksi sebum, *P. acnes* dapat menjadi bakteri invasif yang berperan dalam munculnya jerawat (Mustarichie et al., 2020).

Ketiga bakteri tersebut, selain menjadi flora normal yang berpotensi menyebabkan infeksi, juga diketahui memiliki kemampuan untuk mengembangkan resistensi terhadap berbagai jenis antibiotik. Masalah resistensi antibiotik ini telah menjadi tantangan besar dalam pengobatan modern (Ghaddar et al., 2018). Jumlah patogen yang menunjukkan resistensi terhadap berbagai jenis antibiotik terus meningkat, sehingga memperburuk efektivitas terapi infeksi (Yagnik et al., 2018). Menurut Pratiwi (2017), resistensi ini berdampak pada menurunnya efektivitas pengobatan, meningkatnya angka kejadian penyakit dan kematian, serta bertambahnya beban biaya layanan kesehatan. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan alternatif antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah mengeksplorasi dan mengembangkan senyawa antibakteri baru yang memiliki potensi untuk menghambat pertumbuhan patogen, sebagai bagian dari upaya pencarian sumber antibakteri alami yang dapat dikaji lebih lanjut (Sriragavi et al., 2023).

Salah satu jenis produk pangan fermentasi yang berpotensi memiliki aktivitas antibakteri adalah cuka buah, yaitu hasil fermentasi yang terbentuk melalui dua tahapan proses yang berurutan. Pertama, kandungan gula yang terdapat di dalam substrat akan diubah menjadi etanol dengan bantuan ragi dalam lingkungan anaerobik. Setelah itu, etanol akan difermentasi menjadi asam asetat dalam kondisi aerobik dengan bantuan bakteri asam asetat (Antoniewicz et al., 2021). Konsumsi cuka diketahui dikaitkan dengan berbagai aktivitas

biologis bagi kesehatan tubuh, di antaranya adalah sebagai antioksidan (Bakir *et al.*, 2017), antiinflamasi (Yildizli *et al.*, 2021), antidiabetik (Yusoff *et al.*, 2015), antiobesitas (Yun *et al.*, 2021), dan antibakteri (Yildizli *et al.*, 2021). Beberapa penelitian telah mengkaji efektivitas cuka apel dalam menghambat pertumbuhan berbagai jenis bakteri patogen. Penelitian Rasmi *et al.* (2023) menunjukkan bahwa cuka apel pada konsentrasi 100%, 75%, 50%, dan 25% menghasilkan diameter zona hambat terhadap *Escherichia coli* sebesar 12,33 mm, 10,57 mm, 6,52 mm, dan 2,56 mm, serta terhadap *Staphylococcus aureus* masing-masing sebesar 14,56 mm, 12,60 mm, 8,62 mm, dan 4,54 mm. Sementara itu, penelitian oleh Aliyani *et al.* (2023) mengenai aktivitas antibakteri cuka apel terhadap *Porphyromonas gingivalis* menunjukkan bahwa konsentrasi 1,56% dan 3,12% belum mampu menghasilkan zona hambat, sementara pada konsentrasi 6,25%, 50%, dan 100% diameter zona hambat yang terbentuk berturut-turut mencapai 6,18 mm, 8,33 mm, dan 13,93 mm. Selain itu, menurut penelitian Diantari *et al.* (2022), menjelaskan bahwa cuka apel mampu menekan pertumbuhan *Salmonella paratyphi* A, dengan diameter zona hambat yang meningkat dari 8,8 mm hingga 13,05 mm sejalan dengan naiknya konsentrasi cuka yang digunakan.

Cuka buah diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang berkaitan dengan kandungan asam organik di dalamnya (Kahraman *et al.*, 2021). Asam organik tersebut mampu menembus membran sel bakteri dan menyebabkan penurunan pH intrasel, yang kemudian memicu gangguan pada fungsi makromolekul serta ketidakstabilan membran sel akibat pelepasan ion hidrogen (Ousaaid *et al.*, 2021). Dengan demikian, keberadaan asam organik, khususnya asam asetat, dapat berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri cuka melalui perubahan kondisi fisiologis sel bakteri. Selain asam organik, cuka buah juga mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder (Pyo *et al.*, 2021). Senyawa ini diketahui memiliki kemampuan antimikroba (Othman *et al.*, 2019). Selain kandungan asam organik dan senyawa bioaktif lainnya, potensi antibakteri cuka buah juga dipengaruhi oleh kualitas substrat pembuatannya, termasuk kadar gula dalam buah. Buah-buahan mengandung senyawa bioaktif seperti fitokimia, serat, dan mineral yang bermanfaat bagi kesehatan (Yildizi, 2021), serta memiliki kadar gula alami berupa glukosa, fruktosa, dan sukrosa yang turut menentukan keberhasilan proses fermentasi. Kandungan gula ini mempengaruhi jumlah etanol yang terbentuk selama fermentasi alkohol, yang selanjutnya memengaruhi tingkat keasaman cuka dalam tahap fermentasi asam asetat (Luzón-Quintana *et al.*, 2021).

Berbagai jenis buah telah dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan cuka, seperti kelengkeng (*Dimocarpus longan*), buah naga (*Hylocereus polyrhizus*), dan kulit buah naga yang sering dianggap limbah. Buah-buahan tersebut mengandung gula alami seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa dalam kadar tinggi, sehingga mendukung pembentukan etanol selama fermentasi alkohol dan menentukan keasaman akhir cuka (Khan *et al.*, 2018). Selain itu, kandungan senyawa bioaktif pada buah dan kulitnya, termasuk polifenol dan betacyanin, juga berperan dalam meningkatkan aktivitas antibakteri cuka yang dihasilkan (Harni *et al.*, 2023). Meskipun demikian, penelitian mengenai potensi antibakteri cuka buah masih terbatas pada jenis buah tertentu dan belum banyak mengeksplorasi pengaruh variasi kadar gula maupun pemanfaatan limbah kulit buah. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan menguji aktivitas antibakteri cuka kelengkeng pada berbagai konsentrasi gula, cuka buah naga, cuka kulit buah naga, dan kombinasi keduanya, dalam menekan pertumbuhan bakteri patogen *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, serta *Propionibacterium acnes*. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi informasi baru mengenai potensi antibakteri berbagai jenis cuka buah tropis hasil fermentasi spontan sebagai produk pangan fermentasi yang memiliki aktivitas biologis.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan

Bahan yang dipakai pada penelitian ini terdiri atas buah naga merah, buah kelengkeng, kulit buah naga, plastik wrap, aluminium foil, sarung tangan latex, karet gelang, kain, kapas, gula pasir, serta aquades, antibiotik klindamisin, media *Mueller-Hinton Agar* (MHA), media *Nutrient Agar* (NA), dan biakan murni bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Propionibacterium acnes*.

2.2 Alat

Alat yang dipakai pada penelitian ini terdiri atas oven, spektrofotometer, timbangan digital, jarum ose, biosafety cabinet (BSC), gelas beaker, labu erlenmeyer, mikropipet, tabung reaksi, pinset, vortex, cawan petri, kompor listrik, jangka sorong, sendok pengaduk, autoklaf, botol vial, corong kaca, saringan, gelas ukur, timbangan analitik, botol asi, botol kaca, tip mikropipet, dan inkubator.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sebelum digunakan, seluruh alat dan bahan dicuci bersih terlebih dahulu, setelah itu dibungkus dengan kertas, kemudian disterilkan di dalam autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

2.3.2 Pembuatan Cuka

Pembuatan cuka dilakukan dengan metode fermentasi spontan tanpa penambahan kultur yeast maupun bakteri. Bahan utama yang digunakan terdiri dari buah kelengkeng (*Dimocarpus longan*), buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*), kulit buah naga, serta kombinasi buah dan kulit buah naga dengan perbandingan 1:1. Masing-masing bahan ditimbang sebanyak 120 gram untuk perlakuan tunggal atau 60 gram per bahan untuk perlakuan kombinasi, kemudian dicuci bersih dan dipotong kecil, lalu dimasukkan ke dalam botol kaca berkapasitas 500 ml. Setiap botol ditambahkan 400 ml air steril dan 42 gram gula, kecuali pada perlakuan kelengkeng yang menggunakan variasi konsentrasi gula sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%. Campuran diaduk hingga homogen, kemudian ditutup dengan kain bersih, dan diinkubasi selama 40 hingga 41 hari pada suhu ruang antara 21 hingga 26 °C. Setelah fermentasi selesai, cuka disaring dan disimpan dalam wadah steril yang tertutup rapat.

2.3.3 Uji Antibakteri

a. Peremajaan Bakteri Uji

Metode peremajaan bakteri uji dilakukan dengan teknik gores (streak). Langkah awal dilakukan dengan menyiapkan media *Nutrient Agar* (NA) sebanyak 45 ml untuk tiga jenis bakteri uji, yaitu *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Propionibacterium acnes*. Media tersebut selanjutnya dituang ke dalam tabung reaksi dan disterilkan memakai autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi, tabung ditempatkan dalam *Biosafety Cabinet* (BSC) dan disinari menggunakan sinar UV selama 15 menit dalam posisi miring. Setelah media memadat, dilakukan inokulasi dengan memindahkan isolat bakteri murni menggunakan jarum ose ke permukaan media yang telah disiapkan, lalu tabung diinkubasi selama 24 jam.

b. Pembuatan Suspensi Bakteri Uji

Pembuatan suspensi dilakukan dengan memindahkan biakan dari media agar miring ke dalam botol kultur berkapasitas 100 ml yang telah berisi 25 ml larutan NaCl fisiologis 0,85%, kemudian dihomogenkan hingga terbentuk suspensi yang merata. Suspensi dimasukkan ke dalam kuvet untuk diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm, disesuaikan dengan standar *McFarland* 0,5 (kepadatan sel $\pm 10^8$ CFU/ml, OD berkisar 0,08–0,1). Penyesuaian nilai absorbansi dilakukan dengan menambahkan larutan fisiologis atau suspensi bakteri hingga mencapai OD 0,1.

c. Pengujian Aktivitas Antibakteri

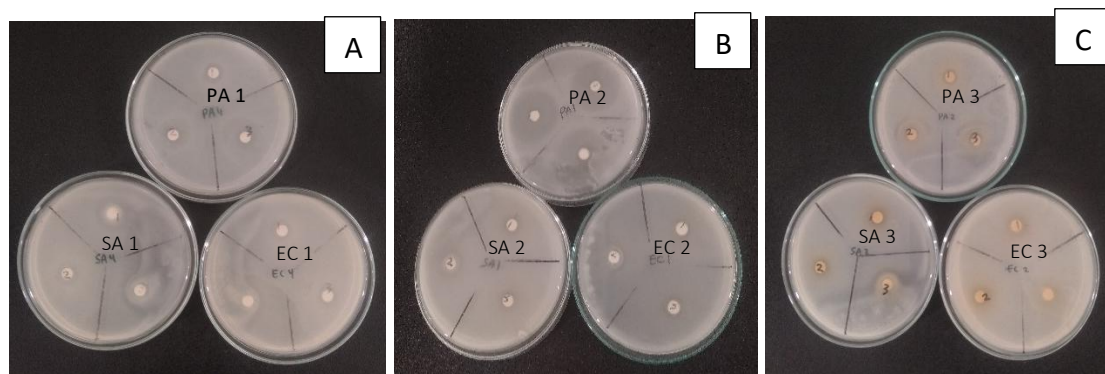
Pengujian aktivitas antibakteri memakai metode difusi cakram, dengan menggunakan media *Mueller-Hinton Agar* (MHA) steril sebanyak ± 15 ml dalam cawan petri. Media tersebut terlebih dahulu diinokulasi dengan 1 ml suspensi *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Propionibacterium acnes*. Kertas cakram berdiameter 6 mm kemudian direndam dalam sampel cuka pada berbagai jenis, yaitu cuka kelengkeng, cuka buah naga, cuka kulit buah naga, dan campuran buah beserta kulit buah naga. Setelah perendaman, cakram diangkat dan dibiarkan sejenak hingga tidak menetes, lalu diletakkan di atas permukaan media. Sebagai kontrol positif digunakan antibiotik klindamisin 1%, sedangkan aquades digunakan pada kontrol negatif. Cawan petri diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam, dan zona bening yang muncul di sekeliling cakram menandakan adanya penghambatan pertumbuhan bakteri, yang selanjutnya diukur memakai jangka sorong. Pengujian pada setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

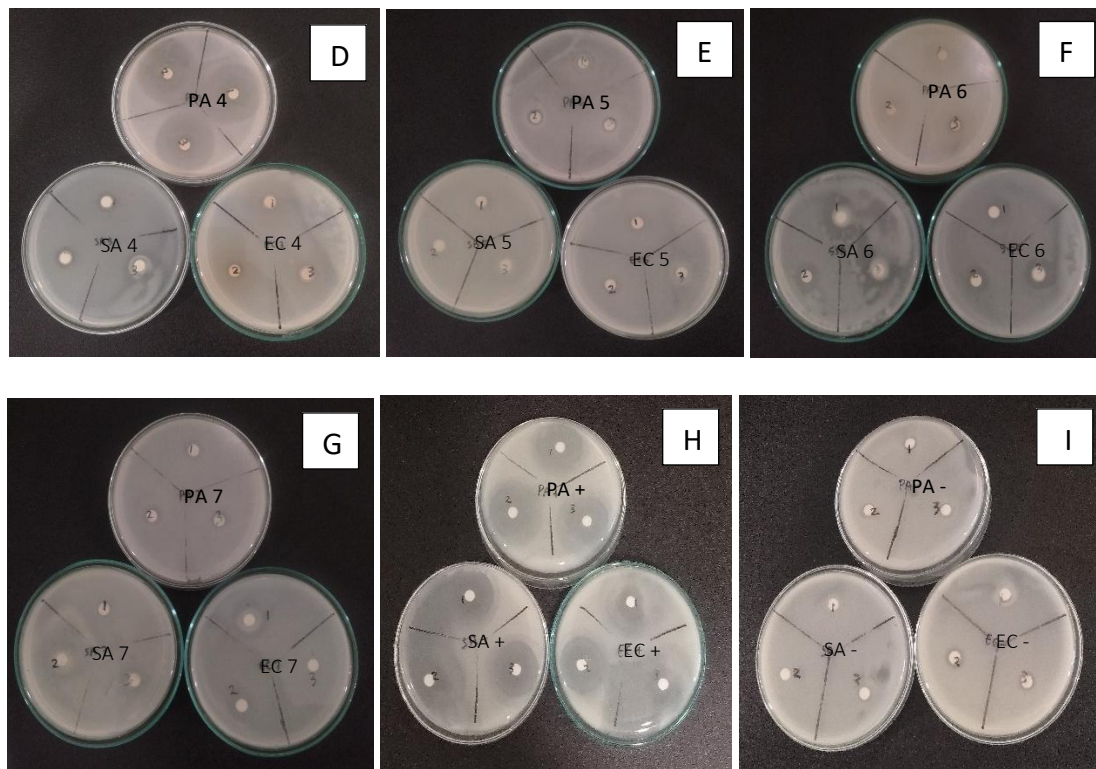
2.4 Analisis Data

Analisis data diameter zona hambat dilakukan menggunakan *IBM SPSS Statistics 23 for Windows*. Data diuji normalitas dan homogenitasnya, kemudian dianalisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis*. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, dilakukan uji lanjut *Mann-Whitney* untuk mengetahui perbedaan antar kelompok

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas antibakteri cuka buah tropis terhadap ketiga jenis bakteri uji dapat diamati secara visual melalui pembentukan zona hambat (zona bening) di sekitar disk yang telah direndam dalam sampel uji. Zona hambat yang terbentuk menunjukkan kemampuan sampel dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hasil pengujian zona hambat ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Aktivitas antibakteri cuka buah tropis terhadap pertumbuhan bakteri uji. (A) Cuka kelengkeng 0%, (B) cuka kelengkeng 10%, (C) cuka kelengkeng 15%, (D) cuka kelengkeng 20%, (E) cuka buah naga, (F) cuka kulit buah naga, (G) kombinasi cuka buah naga, (H) kontrol positif (kloramfenikol 30 µg/mL), dan (I) kontrol negatif (akuades steril).

Data kuantitatif diameter zona hambat dari setiap sampel cuka buah tropis terhadap bakteri uji diukur menggunakan jangka sorong dan disajikan dalam bentuk rata-rata dengan standar deviasi. Klasifikasi kategori zona hambat mengikuti kriteria Kruskal-Wallis dengan kategori lemah (0-5 mm), sedang (5-10 mm), kuat (10-20 mm), dan sangat kuat (>20 mm), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Antibakteri Cuka Buah Tropis

Sampel	Diameter Zona Hambat Bakteri					
	Rata-rata ± SD					
	<i>S. aureus</i>	Kategori	<i>E. coli</i>	Kategori	<i>P. acnes</i>	Kategori
Kelengkeng 0%	10,36 ± 1,02 ^{de}	Kuat	7,39 ± 1,18 ^c	Sedang	11,69 ± 3,07 ^c	Kuat
Kelengkeng 10%	5,19 ± 1,04 ^c	Sedang	5,02 ± 0,40 ^b	Sedang	27,39 ± 2,00 ^e	Sangat kuat
Kelengkeng 15%	7,86 ± 0,22 ^d	Sedang	6,37 ± 0,63 ^c	Sedang	7,19 ± 1,87 ^b	Sedang
Kelengkeng 20%	4,52 ± 0,41 ^b	Lemah	7,22 ± 0,23 ^c	Sedang	31,86 ± 1,03 ^{ef}	Sangat kuat
Daging buah naga	10,22 ± 1,26 ^{de}	Kuat	6,86 ± 0,93 ^c	Sedang	5,23 ± 2,02 ^b	Sedang
Kulit buah naga	7,89 ± 1,88 ^d	Sedang	8,70 ± 1,06 ^{cd}	Sedang	17,21 ± 1,32 ^d	Kuat

Sampel	Diameter Zona Hambat Bakteri					
	Rata-rata $\pm$ SD					
	<i>S. aureus</i>	Kategori	<i>E. coli</i>	Kategori	<i>P. acnes</i>	Kategori
Kombinasi	8,02 $\pm$ 1,46 ^d	Sedang	6,68 $\pm$ 4,32 ^{bc}	Sedang	4,37 $\pm$ 0,24 ^b	Lemah
Kontrol positif	31,55 $\pm$ 0,82 ^e	Sangat kuat	29,03 $\pm$ 2,28 ^d	Sangat kuat	29,87 $\pm$ 1,69 ^e	Sangat kuat
Kontrol negatif	0 $\pm$ 0 ^a	Lemah	0 $\pm$ 0 ^a	Lemah	0 $\pm$ 0 ^a	Lemah
Signifikansi	0,003		0,013		0,002	

Keterangan: Analisis data dilakukan menggunakan uji Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). Nilai rata-rata yang diikuti superskrip huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan berdasarkan uji Mann-Whitney ($P < 0,05$). Kategori zona hambat meliputi ≤ 5 mm (lemah), $>5-10$ mm (sedang), $>10-20$ mm (kuat), dan ≥ 20 mm (sangat kuat) (Jamilatun et al., 2020).

Hasil pengujian aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa cuka kelengkeng dengan konsentrasi gula 0% menghasilkan aktivitas tertinggi terhadap *S. aureus* dan *E. coli*, dengan diameter zona hambat masing-masing sebesar 10,36 $\pm$ 1,02 mm dan 7,39 $\pm$ 1,18 mm. Sementara itu, aktivitas tertinggi terhadap *P. acnes* diperoleh pada cuka kelengkeng dengan konsentrasi gula 20%, dengan zona hambat sebesar 31,86 $\pm$ 1,03 mm. Cuka daging buah naga menunjukkan aktivitas tertinggi terhadap *S. aureus* dengan zona hambat 10,22 $\pm$ 1,26 mm, sedangkan cuka kulit buah naga menghasilkan aktivitas lebih tinggi terhadap *P. acnes* dengan zona hambat 17,21 $\pm$ 1,32 mm. Kombinasi cuka buah dan kulit buah naga menunjukkan aktivitas yang lebih rendah dibandingkan beberapa perlakuan tunggal. Secara keseluruhan, *P. acnes* menunjukkan respons paling tinggi terhadap sebagian besar sampel cuka, sedangkan *E. coli* cenderung menunjukkan respons yang lebih rendah. Secara keseluruhan, *P. acnes* menunjukkan respons paling tinggi terhadap sebagian besar sampel cuka, sedangkan *E. coli* cenderung menunjukkan respons yang lebih rendah.

Hasil pengujian aktivitas antibakteri dari berbagai sampel cuka buah tropis menunjukkan efektivitas yang bervariasi terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Propionibacterium acnes*. Pada sampel cuka kelengkeng, aktivitas tertinggi terhadap *S. aureus* ditunjukkan oleh cuka kelengkeng konsentrasi 0% dengan zona hambat sebesar 10,36 mm, yang tergolong dalam kategori kuat. Hasil ini lebih besar dibandingkan dengan ekstrak etanol buah kelengkeng dalam penelitian Rahmawati et al. (2022), yang hanya menghasilkan zona hambat antara 6,50–8,38 mm pada konsentrasi 70–100 mg/ml terhadap bakteri *S. aureus*. Hal ini diduga berkaitan dengan proses fermentasi tanpa penambahan gula yang dapat memengaruhi komposisi senyawa dalam cuka, termasuk asam organik dan senyawa bioaktif yang berpotensi berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri (Antoniewicz et al., 2021). Sementara itu, pada *E. coli*, cuka kelengkeng konsentrasi 0% juga menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan variasi lainnya, dengan zona hambat sebesar 7,39 mm, meskipun aktivitasnya masih tergolong dalam kategori sedang. Aktivitas antibakteri tertinggi terhadap *P. acnes* ditunjukkan oleh cuka kelengkeng konsentrasi 20%, dengan zona hambat mencapai 31,86. Hasil ini termasuk dalam kategori sangat kuat, dengan diameter zona hambat yang lebih besar dibandingkan klindamisin sebagai kontrol positif (29,87 $\pm$ 1,69 mm).

Cuka yang berasal dari daging buah naga merah menunjukkan aktivitas antibakteri yang tergolong baik, dengan zona hambat 10,22 mm terhadap *S. aureus* (kategori kuat) dan 6,86 mm terhadap *E. coli* (kategori sedang). Zona hambat ini lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian Hassan et al. (2021), yang memakai ekstrak metanol dan etanol dari daging

buah naga merah. Dalam penelitian tersebut, ekstrak daging buah naga merah diuji terhadap *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Escherichia coli*. Ekstrak metanol menunjukkan aktivitas tertinggi terhadap *E. coli* ($14,1 \pm 0,12$ mm), diikuti oleh *B. cereus* ($12,9 \pm 0,12$ mm), *S. epidermidis* ($10,0 \pm 1,00$ mm), dan *S. aureus* ($9,1 \pm 0,17$ mm). Meskipun *P. mirabilis* tidak menunjukkan sensitivitas terhadap ekstrak metanol ($0,0 \pm 0,00$ mm), bakteri ini rentan terhadap ekstrak etanol dengan zona hambat sebesar $15,7 \pm 0,58$ mm. Selain itu, ekstrak etanol juga efektif melawan *S. aureus* ($14,7 \pm 1,15$ mm) dan *S. epidermidis* ($8,1 \pm 0,17$ mm). Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh metode ekstraksi yang digunakan. Ekstrak pelarut organik seperti metanol dan etanol mampu mengisolasi senyawa antibakteri secara lebih efisien dibanding fermentasi, yang menghasilkan asam organik namun berpotensi menurunkan atau mengubah senyawa bioaktif tertentu (Bar et al., 2022; Pinela et al., 2020; Tkacz et al., 2020).

Pada kulit buah naga merah, cuka yang dihasilkan menunjukkan aktivitas antibakteri sedang terhadap *S. aureus* dan *E. coli*, dengan zona hambat masing-masing sebesar 7,89 mm dan 8,70 mm. Hasil ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Khotimah et al. (2021), yang mengevaluasi aktivitas antibakteri berbagai fraksi pelarut dari ekstrak kulit buah naga merah terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. Dalam penelitian tersebut, fraksi etanol menunjukkan daya hambat tertinggi terhadap *E. coli* pada konsentrasi 160 mg/mL ($10,26 \pm 0,09$ mm) dan terhadap *S. aureus* pada konsentrasi 80 mg/ml ($9,48 \pm 1,17$ mm). Fraksi etil asetat menghasilkan zona hambat sebesar $10,33 \pm 0,95$ mm terhadap *E. coli* (160 mg/mL) dan $9,38 \pm 0,63$ mm terhadap *S. aureus* (80 mg/mL). Sementara itu, fraksi n-heksan memiliki aktivitas tertinggi terhadap *E. coli* pada konsentrasi 40 mg/ ml ($9,95 \pm 0,78$ mm) dan terhadap *S. aureus* pada konsentrasi 160 mg/mL dengan zona hambat tertinggi yaitu $11,20 \pm 0,35$ mm. Perbandingan hasil ini menunjukkan bahwa fraksinasi menggunakan pelarut organik menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan cuka fermentasi kulit buah naga, kemungkinan karena konsentrasi senyawa aktif yang lebih terfokus dan stabil pada fraksi-fraksi pelarut tersebut. Namun, terhadap *P. acnes*, cuka kulit buah naga memiliki aktivitas yang lebih tinggi dengan diameter zona hambat 17,21 mm, yang termasuk dalam kategori kuat. Nilai ini lebih besar dibandingkan fraksi metanol kulit buah naga merah pada penelitian Wahdaningsih dan Untari (2021), yang hanya menghasilkan zona hambat $10,5 \pm 0,50$ mm pada konsentrasi tertinggi 100 mg/ml. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi kulit buah naga berpotensi meningkatkan aktivitas antibakteri, khususnya terhadap *P. acnes*.

Perbandingan dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri cuka sangat dipengaruhi oleh jenis buah dan metode fermentasi yang digunakan. Penelitian Aryanti (2015) menggunakan cuka buah naga merah dengan fermentasi tidak spontan dan menunjukkan zona hambat sebesar 16,60 mm terhadap *Staphylococcus aureus* dan 15,43 mm terhadap *Escherichia coli*, yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari cuka buah naga dalam penelitian ini. Sementara itu, penelitian Aryasa dan Artini (2022) menunjukkan bahwa cuka apel impor menghasilkan zona hambat 14,56 mm terhadap *S. aureus* dan 12,33 mm terhadap *E. coli*, sedangkan cuka apel lokal hanya 10,36 mm dan 7,42 mm. Jika dibandingkan, cuka kelengkeng 0% gula dalam penelitian ini memiliki efektivitas yang sebanding dengan cuka apel lokal, yaitu 10,36 mm terhadap *S. aureus* dan 7,39 mm terhadap *E. coli*. Perbedaan aktivitas antibakteri tersebut diduga berkaitan dengan perbedaan karakteristik bahan baku dan kondisi fermentasi yang dapat memengaruhi tingkat keasaman serta komposisi asam organik dan senyawa bioaktif dalam cuka (Liu et al., 2019; Ousaaid et al., 2021).

Berdasarkan hasil uji aktivitas antibakteri, cuka buah tropis menunjukkan efektivitas yang berbeda-beda tergantung pada jenis bakteri yang diuji. Aktivitas antibakteri tertinggi diperoleh terhadap *P. acnes*, diikuti oleh *S. aureus*, dan yang paling rendah terhadap *E. coli*. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri Gram positif cenderung lebih mudah terpengaruh oleh senyawa antimikroba pada cuka buah tropis dibandingkan bakteri Gram negatif, yang diduga terkait dengan perbedaan struktur dinding sel masing-masing kelompok bakteri. *P. acnes* dan *S. aureus*, sebagai bakteri Gram positif, memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal tanpa dilindungi membran luar, sehingga memudahkan senyawa antimikroba seperti asam asetat dan senyawa fenolik hasil fermentasi untuk menembus sel dan mengganggu metabolismenya. Sebaliknya, *E. coli* sebagai bakteri Gram negatif dilengkapi membran luar berkomponen lipopolisakarida yang bertindak sebagai lapisan pelindung tambahan sehingga menghambat penetrasi senyawa-senyawa tersebut (Tavares *et al.*, 2020).

Aktivitas antibakteri cuka buah tropis sebagian besar bersumber dari kandungan asam organiknya, terutama asam asetat yang terbentuk sepanjang proses fermentasi. Selama belum terdisosiasi, asam asetat bersifat lipofilik dan karenanya mampu menembus membran sel bakteri. Setelah masuk ke dalam sel dan berada dalam lingkungan dengan pH netral, asam ini mengalami disosiasi dan melepaskan ion hidrogen, yang menyebabkan penurunan pH intraseluler. Kondisi ini mengganggu stabilitas membran sel, menghambat aktivitas enzim, serta mengganggu berbagai proses metabolisme penting seperti transkripsi, replikasi DNA, dan ekspresi protein. Selain itu, untuk menjaga keseimbangan pH internal, sel bakteri harus mengaktifkan mekanisme transport ion hidrogen secara aktif yang memerlukan energi dalam bentuk ATP, sehingga mengganggu efisiensi metabolisme normal bakteri. Perubahan tekanan osmotik akibat perpindahan ion juga dapat merusak membran dan menyebabkan pelepasan nutrisi penting seperti ion glutamat. Bahkan, beberapa asam organik seperti asam laktat dan asam butirat dilaporkan dapat merangsang produksi peptida antimikroba oleh sel inang, yang turut merusak membran luar bakteri dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme di tingkat transkripsi dan translasi (Liu *et al.*, 2023). Namun, efektivitas senyawa antimikroba yang dihasilkan selama fermentasi tidak hanya ditentukan oleh keberadaan asam asetat, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi fermentasi itu sendiri. Salah satu faktor utama yang memengaruhi proses fermentasi adalah konsentrasi gula, yang berperan dalam menyediakan substrat bagi mikroorganisme penghasil senyawa bioaktif (Luzón-Quintana *et al.*, 2021).

Selain asam asetat, terdapat pula sejumlah senyawa bioaktif lain dalam cuka buah tropis yang turut berperan dalam memberikan aktivitas antibakteri. Cuka buah naga mengandung betacyanin dan polifenol yang memberikan aktivitas antioksidan dan antimikroba (Harni *et al.*, 2023). Kulit buah naga mengandung senyawa fenolik dalam konsentrasi tinggi yang dapat meningkatkan aktivitas antibakteri (Marselia *et al.*, 2021). Cuka kelengkeng mengandung senyawa flavonoid dan tanin yang berkontribusi pada aktivitas antimikroba, terutama setelah proses fermentasi yang dapat meningkatkan bioavailabilitas senyawa aktif tersebut. Kombinasi berbagai senyawa bioaktif ini memberikan efek sinergis yang meningkatkan aktivitas antibakteri secara keseluruhan. Penelitian ini menunjukkan bahwa semua jenis cuka buah tropis yang diuji memiliki potensi sebagai agen antibakteri alami dengan efektivitas yang bervariasi tergantung pada jenis bakteri target dan kondisi fermentasi. Cuka kelengkeng dengan konsentrasi gula yang dioptimalkan menunjukkan aktivitas sangat kuat terhadap *P. acnes*, sedangkan cuka daging buah naga efektif terhadap *S. aureus*, dan cuka kulit buah naga menunjukkan aktivitas terbaik terhadap *E. coli*.

4. KESIMPULAN

Seluruh cuka buah tropis hasil fermentasi memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Propionibacterium acne* dengan efektivitas yang bervariasi. Cuka kelengkeng tanpa penambahan gula (konsentrasi 0%) menunjukkan efektivitas terhadap *S. aureus* dan *E. coli*, sementara penambahan gula pada konsentrasi 20% meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap *P. acnes*. Cuka daging buah naga efektif terhadap *S. aureus*, dan cuka kulit buah naga menunjukkan aktivitas tertinggi terhadap *E. coli* dan *P. acnes*. Aktivitas antibakteri tersebut berkaitan dengan keberadaan asam asetat dan senyawa bioaktif yang terbentuk selama proses fermentasi.

5. CATATAN PENULIS

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait penerbitan artikel ini. Penulis menegaskan bahwa artikel ini bebas dari plagiarisme.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aliyani, S., Pranata, N., & Sugiaman, V. K. (2023). Efek Antibakterial Cuka Sari Apel Dalam Berbagai Konsentrasi Terhadap *Porphyromonas Gingivalis*. *Jurnal Ilmiah dan Teknologi Kedokteran Gigi (JITEKGI)*, 19(1), 1-7.
- Antoniewicz, J., Jakubczyk, K., Kwiatkowski, P., Maciejewska-Markiewicz, D., Kochman, J., Rębacz-Marón, E., & Janda-Milczarek, K. (2021). Analysis of antioxidant capacity and antimicrobial properties of selected polish grape vinegars obtained by spontaneous fermentation. *Molecules*, 26(16), 4727.
- Aryanti, C. W. (2015). Pengaruh Lama Fermentasi dan Varietas Buah Naga (*Hylocereus* spp.) terhadap Aktivitas Antibakteri Cuka Buah Naga (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Aryasa, I. W. T., & Artini, N. P. R. (2022). Antibakteri Cuka Apel Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Secara In Vitro. *the Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 5(2), 106-114.
- Bakir, S., Devecioglu, D., Kayacan, S., Toydemir, G., Karbancioglu-Guler, F., & Capanoglu, E. (2017). Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. *European Food Research and Technology*, 243(12), 2083-2094.
- Bar, M., Binduga, U. E., & Szychowski, K. A. (2022). Methods of isolation of active substances from garlic (*Allium sativum* L.) and its impact on the composition and biological properties of garlic extracts. *Antioxidants*, 11(7), 1345.
- Del Giudice, P. (2020). Skin infections caused by *Staphylococcus aureus*. *Acta dermatovenereologica*, 100(9), 5725.
- Diantari, I. G. A. M. W., Bekti, H. S., & Sundari, C. D. W. H. (2022). Uji aktivitas antibakteri cuka apel terhadap bakteri *Salmonella paratyphi* A. *Jurnal Skala Husada: The Journal of Health*, 19(1), 5–10.
- Fadlurrahman, F. H., Arfiyanti, M. P., & Ratnaningrum, K. (2022). Potensi Antibakteri Cuka Nanas (*Ananas Comosus*) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. In *Prosiding Seminar Nasional Unimus* (Vol. 5).

- Ghaddar, N., Hashemidahaj, M., & Findlay, B. L. (2018). Access to high-impact mutations constrains the evolution of antibiotic resistance in soft agar. *Scientific Reports*, 8(1), 17023. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10.
- Harni, M., Anggraini, T., & Suliansyah, I. (2023). The Extraction Effect Of The Skin Of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) To Its Phenolic Compounds And Its Antioxidants: A Review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1200, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Hassan Cheong, N. D., Hasan Kashfi, A. F., & Yusof, H. (2021). The antibacterial effects of *Hylocereus polyrhizus* fruit extracts against selected bacteria. *ESTEEM Academic Journal*, 17, 157-165.
- Jamilatun, M., Aminah, A., & Shufiyani, S. (2020). Uji daya hambat antibakteri kapang endofit dari tanaman alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Medikes (Media Informasi Kesehatan)*, 7(2), 335-346.
- Kahraman, H. A., Tutun, H., Kaya, M. M., Tutun, S., Usluer, M. S., Rugji, J., & Yurdakul, O. (2021). Total phenolic content, antiradical, antimicrobial and antibiofilm properties of grape and apple vinegar. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 6(2), 150-158.
- Khan, S. A., Liu, L., Lai, T., Zhang, R., Wei, Z., Xiao, J., ... & Zhang, M. (2018). Phenolic profile, free amino acids composition and antioxidant potential of dried longan fermented by lactic acid bacteria. *Journal of food science and technology*, 55(12), 4782-4791.
- Khotimah, T. K., Krisridwany, A., Orbayinah, S., & Harimurti, S. (2021). Antibacterial Activity of Fractions from Extract Ethanolic of *Hylocereus Polyrrhizus* Peel Against *E. coli* and *S. aureus*. *Journal of Fundamental and Applied Pharmaceutical Science*, 1(2), 65-71.
- Kolář, M. (2022). Bacterial infections, antimicrobial resistance and antibiotic therapy. *Life*, 12(4), 468.
- Liu, Q., Tang, G. Y., Zhao, C. N., Gan, R. Y., & Li, H. B. (2019). Antioxidant activities, phenolic profiles, and organic acid contents of fruit vinegars. *Antioxidants*, 8(4), 78.
- Liu, T., Sun, Z., Yang, Z., & Qiao, X. (2023). Microbiota-derived short-chain fatty acids and modulation of host-derived peptides formation: Focused on host defense peptides. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 162, 114586.
- Luzón-Quintana, L. M., Castro, R., & Durán-Guerrero, E. (2021). Biotechnological processes in fruit vinegar production. *Foods*, 10(5), 945.
- Marselia, A., Wahdaningsih, S., & Nugraha, F. (2021). Analisis gugus fungsi dari ekstrak metanol kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) menggunakan FT-IR. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 5(1).
- Mustarichie, R., Sulistyaningsih, S., & Runadi, D. (2020). Antibacterial activity test of extracts and fractions of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) against clinical isolates of *Staphylococcus epidermidis* and *Propionibacterium acnes* causing acne. *International journal of microbiology*, 2020(1), 1975904.

- Niyomvong, N., Sritawan, R., Keabpimai, J., Trakunjae, C., & Boondaeng, A. (2022). Comparison of the chemical properties of vinegar obtained via one-step fermentation and sequential fermentation from dragon fruit and pineapple. *Beverages*, 8(4), 74.
- Othman, L., Sleiman, A., & Abdel-Massih, R. M. (2019). Antimicrobial activity of polyphenols and alkaloids in middle eastern plants. *Frontiers in microbiology*, 10, 911.
- Ousaaid, D., Mechchate, H., Laaroussi, H., Hano, C., Bakour, M., El Ghouizi, A., ... & El Arabi, I. (2021). Fruits vinegar: Quality characteristics, phytochemistry, and functionality. *Molecules*, 27(1), 222.
- Ousaaid, D., Mechchate, H., Laaroussi, H., Hano, C., Bakour, M., El Ghouizi, A., ... & El Arabi, I. (2021). Fruits vinegar: Quality characteristics, phytochemistry, and functionality. *Molecules*, 27(1), 222.
- Pinela, J., Omarini, A. B., Stojković, D., Barros, L., Postemsky, P. D., Calhelha, R. C., ... & Ferreira, I. C. (2020). Biotransformation of rice and sunflower side-streams by dikaryotic and monokaryotic strains of *Pleurotus sapidus*: Impact on phenolic profiles and bioactive properties. *Food Research International*, 132, 109094.
- Pratiwi, R. H. (2017). Mekanisme Pertahanan Bakteri Patogen Terhadap Antibiotik. *Jurnal pro-life*, 4(3), 418-429.
- Pyo, Y. H., Noh, Y. H., Lee, D. B., Lee, Y. W., Yoon, S. M., Lee, A. R., & Song, D. H. (2021). Profile chemical compounds and antioxidant activity of Korean commercial vinegars produced by traditional fermentation. *Chemical Papers*, 75(6), 2537-2547.
- Rahayu, Y. C., Sabir, A. R. D. O., & Setyorini, D. Y. A. H. (2019). Antibacterial Activity Of Red Dragon Fruit Extract (*Hylocereus polyrhizus*) on *Streptococcus mutans*. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 11(4), 60-63.
- Rahmawati, I. S., Widyanto, R. M., Maulidiana, A. R., Madani, M. S., & Riski, C. N. (2022). Aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak etanol buah ihau (*Dimocarpus longan* var. *malesianus* Leenh) terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*). *Jurnal al-azhar indonesia seri sains dan teknologi*, 7(2), 138.
- Rasmi, K. A., Aryasa, I. W. T., & Laksmi, A. S. (2023, February). Variasi Kosentrasi Cuka Apel terhadap Daya Hambat Pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. In *Bali International Scientific Forum* (Vol. 4, No. 1, pp. 18-29).
- Sriragavi, G., Sangeetha, M., Santhakumar, M., Lokesh, E., Nithyalakshmi, M., Saleel, C. A., & Balagurunathan, R. (2023). Exploring antibacterial properties of bioactive compounds isolated from *Streptomyces* sp. in bamboo rhizosphere soil. *ACS omega*, 8(39), 36333.
- Tavares, T. D., Antunes, J. C., Padrão, J., Ribeiro, A. I., Zille, A., Amorim, M. T. P., ... & Felgueiras, H. P. (2020). Activity of specialized biomolecules against gram-positive and gram-negative bacteria. *Antibiotics*, 9(6), 314.
- Tkacz, K., Chmielewska, J., Turkiewicz, I. P., Nowicka, P., & Wojdyło, A. (2020). Dynamics of changes in organic acids, sugars and phenolic compounds and antioxidant activity of sea buckthorn and sea buckthorn-apple juices during malolactic fermentation. *Food Chemistry*, 332, 127382.

- Wahdaningsih, S., & Untari, E. K. (2021). The antibacterial activity of Red dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus* Britton & Rose) methanolic Fraction against *Staphylococcus epidermidis* and *Propionibacterium acnes*. *Journal of Pharmascience*, 8(2), 51-58.
- World Health Organization. (2022). *Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report 2022*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2023). *Infectious Disease*. Dikutip pada tanggal 1 Juli 2025 <https://www.emro.who.int/health-topics/infectiousdiseases/index.html>
- Yagnik, D., Serafin, V., & J. Shah, A. (2018). Antimicrobial activity of apple cider vinegar against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*; downregulating cytokine and microbial protein expression. *Scientific reports*, 8(1), 1732.
- Yıldızlı, G., Coral, G., & Ayaz, F. (2024). Anti-bacterial, anti-fungal, and anti-inflammatory activities of wood vinegar: A potential remedy for major plant diseases and inflammatory reactions. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(3), 3633-3642.
- Yun, Y. R., Park, B. Y., Kim, S. H., & Jung, J. H. (2021). Antioxidant, Anti-Obesity, And Anti-Aging Activities Of Jeju Citrus Blended Vinegar. *Foods*, 10(7), 1441.
- Yusoff, N. A., Yam, M. F., Beh, H. K., Razak, K. N. A., Widyawati, T., Mahmud, R., & Asmawi, M. Z. (2015). Antidiabetic and antioxidant activities of *Nypa fruticans* Wurmb. vinegar sample from Malaysia. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 8(8), 595-605.