

POTENSI PENGHAMBATAN PERTUMBUHAN *Escherichia coli* DAN *Salmonella typhi* DARI TEMPE KEDELAI, TEMPE KACANG MERAH, DAN TEMPE KACANG TANAH

M. Rizal Fauzi, Yoni Rina Bintari, Dini Sri Damayanti*
Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang (UNISMA)

ABSTRAK

Pendahuluan: Tempe kedelai, tempe kacang merah, dan tempe kacang tanah mengandung metabolit sekunder flavonoid yang berpotensi sebagai antibakteri. Namun efektivitas potensi antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi* belum pernah diteliti. Penelitian bertujuan untuk membandingkan potensi antibakteri ketiga jenis tempe tersebut.

Metode: Penelitian dilakukan secara *in vitro* dengan pengulangan 3 kali pada dosis 25%, 50% dan 75% dari ekstrak etanol tempe kedelai, tempe kacang merah, dan tempe kacang tanah. Zona hambat antibakteri diukur melalui metode difusi cakram dengan satuan milimeter (mm). Hasil pengukuran menggunakan aplikasi ImageJ dan dianalisa statistik dengan uji Kruskal Wallis dan *One Way Anova* diukur dengan $p < 0,05$ dianggap signifikan.

Hasil: Konsentrasi 75% menjadi dosis terbaik menghambat bakteri *E. coli* pada tempe kedelai (13.47 ± 0.56 mm), tempe kacang merah (12.13 ± 1.04 mm), dan tempe kacang tanah (11.22 ± 0.18 mm). Konsentrasi 25% menjadi dosis terbaik menghambat bakteri *S. typhi* pada tempe kedelai (10.44 ± 0.42 mm), tempe kacang merah (10.25 ± 0.81 mm), dan kacang tanah (10.4 ± 0.65 mm). Namun aktivitas antibakteri ekstrak semua jenis tempe lebih rendah dibandingkan kontrol *amoxicillin* dan *chloramphenicol*.

Simpulan: Kemampuan antibakteri ekstrak tempe kedelai, tempe kacang merah, dan kacang tanah lebih sensitif terhadap *S. typhi* dibandingkan *E. coli*.

Kata Kunci: *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max*, *Arachis hypogaea*, tempe, antibakteri, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*

*Korespondensi:

Dr. dr. Dini Sri Damayanti, M.Kes

Alamat: Jl. MT Hayono 193, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65144 (+62-341-578920)

e-mail: dinisridamayanti@unisma.ac.id

POTENTIAL INHIBITION OF GROWTH OF *Escherichia coli* AND *Salmonella typhi* FROM SOYBEAN TEMPE, RED BEAN TEMPE, AND PEANUT TEMPE

M. Rizal Fauzi, Yoni Rina Bintari, Dini Sri Damayanti*
Faculty of Medicine University of Islam Malang (UNISMA)

ABSTRACT

Introduction: Soybean tempe, red bean tempe, and peanut tempe contain flavonoid secondary metabolites that have the potential as antibacterial. However, the potential effectiveness of antibacterial against *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* hasn't been studied. The aim of the study was to compare the antibacterial potential of the three types of tempe.

Methods: The study was conducted *in vitro* with 3 repetitions at doses of 25%, 50% and 75% of the ethanol extract of soybean tempe, red bean tempe, and peanut tempe. The antibacterial inhibition zone was measured using the disc diffusion method in millimeters (mm). The measurement results used the ImageJ application and statistically analyzed with the Kruskal Wallis and *One Way Anova* tests ($p < 0,05$).

Results: Concentration of 75% was the best dose to inhibit *E. coli* bacteria in soybean tempe (13.47 ± 0.56 mm), red bean tempe (12.13 ± 1.04 mm), and peanut tempe (11.22 ± 0.18 mm). Concentration of 25% was the best dose to inhibit *S. typhi* bacteria in soybean tempe (10.44 ± 0.42 mm), red bean tempe (10.25 ± 0.81 mm), and peanut tempe (10.4 ± 0.65 mm). However, the antibacterial activity of all types of tempeh extract was lower than the control *amoxicillin* and *chloramphenicol*.

Conclusion: The antibacterial ability of soybean tempe, red bean tempe, and peanut tempe extracts were more sensitive to *S. typhi* than *E. coli*.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max*, *Arachis hypogaea*, tempe, antibacterial, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*

**Corresponding author:

Dr. dr. Dini Sri Damayanti, M.Kes

Address: Jl. MT Hayono 193, Malang, East Java, Indonesia, 651440 (+62-341-578920)

e-mail: dinisridamayanti@unisma.ac.id

PENDAHULUAN

Gangguan sistem pencernaan sering terjadi diakibatkan infeksi *E. coli* dan *S. typhi*. Kasus kematian akibat *E. coli* diperkirakan sebesar 162.000 per tahun¹, sedangkan angka kematian diperkirakan sebesar 200.000 orang per tahun akibat infeksi bakteri *S. typhi*². Untuk menekan peningkatan kasus kematian kedua bakteri tersebut diperlukan nutrisi preventif pada saluran cerna antara lain tempe.

Tempe merupakan produk olahan fermentasi kacang³. Bahan dasar tempe umumnya berupa kacang kedelai. Selain kedelai, jenis kacang-kacangan leguminosae seperti kacang merah dan kacang tanah juga dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan tempe³. Produk olahan fermentasi tempe tidak menghilangkan kandungan dan senyawa aktif melainkan justru meningkatkan kandungan senyawa aktif didalamnya³.

Fermentasi pada tempe meningkatkan bakteri probiotik *Lactobacillus casei* yang bersifat probiotik untuk membantu pertahanan tubuh terhadap mikroorganisme patogen termasuk di saluran intestinal⁴. Jumlah bakteri probiotik yang lebih banyak daripada mikroorganisme patogen akan meningkatkan kekebalan tubuh karena membantu perubahan flavonoid yang memiliki efek antibakterial⁴.

Potensi antibakteri dari kacang merah, kacang tanah, dan kacang kedelai dilaporkan karena mengandung flavonoid^{3,5,6}. Flavonoid bekerja dengan menghambat sintesis asam nukleat, menghambat aktivitas membran sitoplasma, dan menghambat pembentukan energi sehingga pertumbuhan bakteri terhambat dan mengalami kematian³.

Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa didapatkan jenis flavonoid yang teridentifikasi dalam kacang merah seperti genistein (0,5%), daidzein (14,9%), glycitein (25,8%), formononetin (13%), dan biochanin A (45,5%)⁷. Adapun jenis flavonoid pada kedelai adalah naringenin, gluteolin, kaempferol, quercetin, daidzein, dan genistein⁸. Sedangkan jenis flavonoid dalam kacang tanah adalah kaempferol, cajanflavanone, isosakuranetin, trihydroxyflavone, persicogenin, 5-Hydroxy-4',7-dimethoxyflavanone, sakuranetin, scutellarin, dan tetrahydroxyl flavone⁹.

Pengujian aktivitas antibakteri ekstrak tempe kedelai sebelumnya menunjukkan bahwa ekstrak etanol dan etil asetat tempe kedelai memiliki aktivitas antibakteri terhadap *B. subtilis* dan *S. aureus*¹⁰. Namun penelitian aktivitas antibakteri pada *E. coli* dan *S. typhi* menggunakan 3 jenis tempe (kacang merah, kacang tanah, dan kedelai) belum pernah dilakukan.

METODE PENELITIAN

Desain, Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian merupakan jenis eksperimental laboratorium dengan metode *in vitro*. Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Biomedik FK UMM. Rentang waktu penelitian berlangsung

selama 2 bulan yakni mulai dari bulan Mei hingga Juli 2021.

Sampel Penelitian

Kelompok sampel dalam penelitian terdiri dari kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.), kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.), dan kacang kedelai (*Glycine max.*). Sampel dideterminasi oleh UPT Laboratorium Herbal Materia Medika Batu dengan nomor surat 074/393/102.7-A/2021, 074/394/102.7-A/2021, dan 074/395/102.7-A/2021.

Pembuatan Suspensi Bakteri

Bakteri *E. coli* dan *S. typhi* diambil secara terpisah dengan oshe sebanyak 1 kali dan dimasukkan kedalam tabung reaksi berisi 10 ml larutan Nutrient Broth. Kekeruhannya diukur pada standar Mc Farland 0,5. Larutan standar 0,5 McFarland dibuat dari BaCl₂ 1 % sebanyak 0,5 ml dihomogenisasikan dengan asam sulfat 1% sebanyak 99,5 ml. Sehingga didapatkan konsentrasi bakteri sebesar $1,5 \times 10^8$ CFU/ml¹¹.

Inokulasi Bakteri

Koloni bakteri *E. coli* dan *S. typhi* didapatkan dari Laboratorium Biomedik FK UMM. Bakteri ditumbuhkan dimedia NA secara terpisah. Selanjutnya disimpan pada inkubator selama 24 jam dengan suhu 37°C hingga didapatkan media keruh¹¹.

Pembuatan Ekstrak Tempe Kacang Kedelai

Kacang kedelai kupas disiapkan sebanyak 1500 g lalu rebus dengan air selama 60 menit. Kacang direndam menggunakan air pengasaman selama 8-12 jam. Kacang kedelai dicuci dan direbus selama 30 menit. Kacang selanjutnya dianginkan dan tunggu hingga dingin untuk proses peragian. Taburkan ragi *Rhizopus oryzae* sebanyak 1,5 g kedalam kacang kedelai kemudian aduk rata. Masukkan kacang ke dalam plastik yang telah dilubangi dan didiamkan selama 24 – 48 jam pada suhu ruang¹².

Pembuatan serbuk tempe dibuat dengan cara memotong tempe menjadi bagian kecil lalu di oven selama 48 jam dengan suhu 50°C hingga kering. Potongan tempe dihaluskan menggunakan blender¹¹.

Serbuk tempe halus ditimbang sebanyak 400 g dimasukkan kedalam *beaker glass* 2000 ml, kemudian ditambahkan 1000 ml pelarut etanol 96%. Perendaman dilakukan selama 5x24 jam pada suhu ruang, sambil sesekali diaduk. Kemudian larutan tersebut disaring sehingga didapat maserat. Maserat diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C, dengan putaran 120 rpm hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak tempe kental dimasukkan kedalam oven pada suhu 50°C¹⁰.

Pembuatan Ekstrak Tempe Kacang Merah

Kacang merah disiapkan sebanyak 1500 g lalu cuci bersih. Kacang direndam menggunakan air pengasaman (air bekas rendaman kacang kedelai) selama 8-12 jam. Cuci dan rebus kacang merah selama 30 menit. Setelah 30 menit, cacah kacang

merah kemudian dianginkan untuk proses peragian. Ragi *Rhizopus oligosporus* sebanyak 1,5 bagian dilarutkan ke dalam 250 cc air bersih. Larutan ragi dituang kedalam kacang merah kemudian aduk rata. Kacang merah yang telah diberi ragi dimasukkan kedalam plastik yang telah dilubangi dan didiamkan selama 24 – 48 jam pada suhu ruang¹³.

Pembuatan serbuk tempe dibuat dengan cara memotong tempe menjadi bagian kecil lalu di oven selama 48 jam dengan suhu 50°C hingga kering. Potongan tempe dihaluskan menggunakan blender¹¹.

Serbuk tempe halus ditimbang sebanyak 400 g dimasukkan kedalam *beaker glass* 2000 ml, kemudian ditambahkan 1000 ml pelarut etanol 96%. Perendaman dilakukan selama 5x24 jam pada suhu ruang, sambil sesekali diaduk. Kemudian larutan tersebut disaring sehingga didapat maserat. Maserat diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C, dengan putaran 120 rpm hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak tempe kental dimasukkan kedalam oven pada suhu 50°C¹⁰.

Pembuatan Ekstrak Tempe Kacang Tanah

Kacang tanah bungkil disiapkan sebanyak 1500 g lalu cuci bersih. Kacang direndam menggunakan air pengasaman selama 8-12 jam. Cuci dan rebus kacang tanah selama 60-90 menit. Setelah itu cacah kacang tanah kemudian dianginkan untuk proses peragian. Ragi *Rhizopus oligosporus* sebanyak 1,5 bagian dilarutkan ke dalam 250 cc air bersih. Larutan ragi dituang kedalam kacang tanah kemudian aduk rata. Kacang tanah yang telah diberi ragi dimasukkan kedalam plastik yang telah dilubangi dan didiamkan selama 24–48 jam pada suhu ruang¹³.

Pembuatan serbuk tempe dibuat dengan cara memotong tempe menjadi bagian kecil lalu di oven selama 48 jam dengan suhu 50°C hingga kering. Potongan tempe dihaluskan menggunakan blender¹¹.

Serbuk tempe halus ditimbang sebanyak 400 g dimasukkan kedalam *beaker glass* 2000 ml,

kemudian ditambahkan 1000 ml pelarut etanol 96%. Perendaman dilakukan selama 5x24 jam pada suhu ruang, sambil sesekali diaduk. Kemudian larutan tersebut disaring sehingga didapat maserat. Maserat diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C, dengan putaran 120 rpm hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak tempe kental dimasukkan kedalam oven pada suhu 50°C¹⁰.

Uji ZOI (Zone of Inhibition)

Cawan petri dengan media MHA digores suspensi *E. coli* dan *S. typhi* secara terpisah menggunakan swab steril. Empat buah kertas cakram diambil dengan pinset steril dan diletakkan kedalam wadah untuk direndam 250 µL masing-masing konsentrasi 25%, 50%, 75%, *amoxicillin* 25 µg untuk *E. coli*, dan *chloramphenicol* 30 µg untuk *S. typhi* selama 15 menit. Cawan petri diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam¹¹.

Zona bening disekitar kertas cakram menunjukkan penghambatan pertumbuhan bakteri. Zona bening diukur dengan aplikasi ImageJ satuan µm dan dikategorikan sangat kuat (>20 mm), kuat (10-20 mm), sedang (5-10 mm), dan lemah (≤ 5 mm)¹¹.

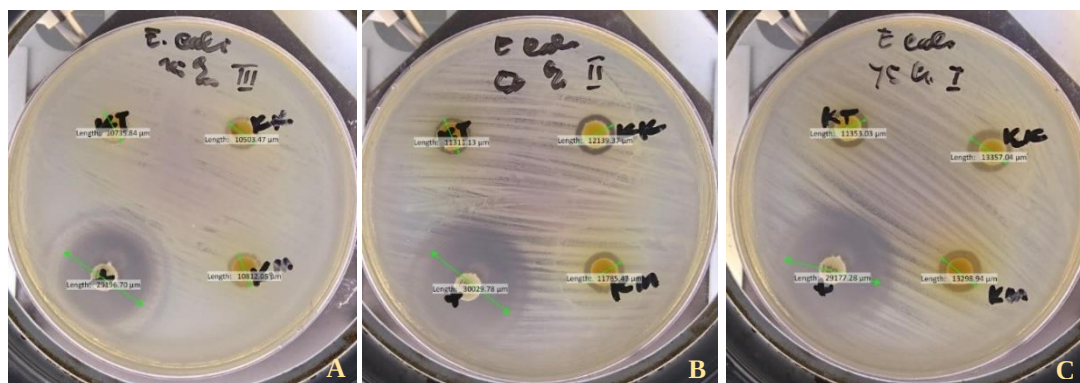
Analisa Data dan Statistik

Analisis data dilakukan dengan statistik parametrik menggunakan program komputer SPSS 25.0. Data hasil pengukuran diameter ZOI kelompok 25% terhadap bakteri *E. coli* dianalisa menggunakan Kruskal Wallis dengan $p < 0,05$. Analisa data yang lain menggunakan *One-Way Anova* dengan $p < 0,05$.

HASIL PENELITIAN

Perbedaan ZOI Antibakteri Tempe Kedelai, Tempe Kacang Merah, dan Tempe Kacang Tanah Terhadap *E. coli*

Hasil diameter ZOI yang terbentuk dari setiap jenis ekstrak tempe dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% terhadap *E. coli* dapat dilihat pada **Tabel 1 dan Gambar 1**.



Gambar 1. ZOI konsentrasi (A) 25%; (B) 50%; (C) 75%

Keterangan: Gambar 1 merupakan ZOI yang terbentuk pada masing-masing kelompok ekstrak tempe kedelai, tempe kacang merah, dan kacang tanah dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% terhadap *E. coli*.

Zona hambat yang terbentuk diatas media MHA menunjukkan aktivitas antibakteri dari masing-masing ekstrak dengan perbedaan konsentrasi dan pengulangan yang sama sebanyak 3 kali. **Gambar 1.A** menunjukkan

konsentrasi ekstrak 25% terhadap *E. coli*, **Gambar 1.B** menunjukkan konsentrasi ekstrak terhadap 50% terhadap *E. coli*, dan **Gambar 1.C** menunjukkan konsentrasi ekstrak 75% terhadap *E. coli*.

Tabel 1. Tabel Diameter ZOI Bakteri *E. coli* Pada Tempe Kedelai, Tempe Kacang Merah, dan Tempe Kacang Tanah

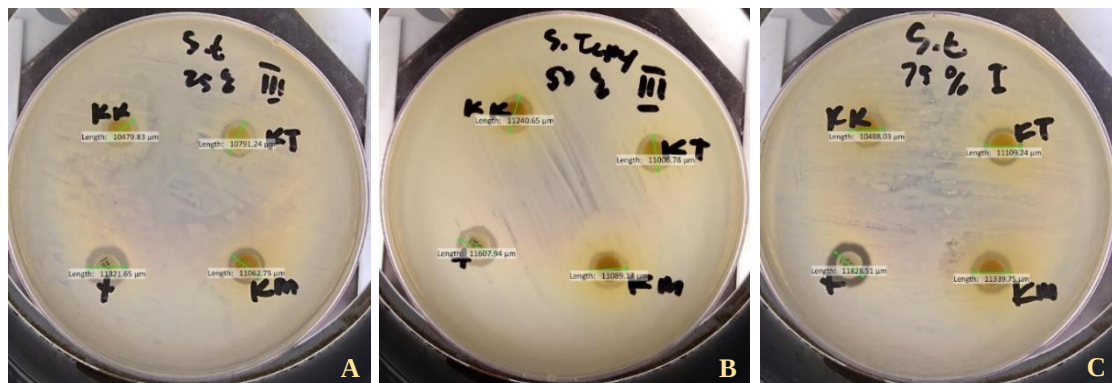
Kelompok	Konsentrasi 25%		Konsentrasi 50%		Konsentrasi 75%	
	Mean±SD (mm)	Kategori	Mean±SD (mm)	Kategori	Mean±SD (mm)	Kategori
KM	10,57±0,22	Kuat	11,17±0,89 ^a	Kuat	12,13±1,04 ^a	Kuat
KT	10,25±0,49	Kuat	10,75±0,65 ^a	Kuat	11,22±0,18 ^{ac}	Kuat
KK	10,19±0,55	Kuat	11,68±0,67 ^a	Kuat	13,47±0,56 ^{ad}	Kuat
K (+)	28,63±2,39	Sangat kuat	29,56±0,44 ^b	Sangat kuat	29,46±0,33 ^b	Sangat kuat

Keterangan: Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata ± SD dari 3 kali pengulangan. Analisa data menggunakan Kruskal-Wallis dengan nilai signifikansi $p < 0,05$ pada kelompok 25% dan uji *One-Way Anova* yang dilanjutkan uji Post Hoc Bonferroni dengan nilai signifikansi $p < 0,05$ pada kelompok 50% dan 75%. Pada kelompok 50% terjadi perbedaan signifikansi antara semua kelompok tempe dengan kontrol dan kelompok 75% terjadi perbedaan signifikansi antara kelompok tempe kacang tanah dengan kontrol, serta tempe kedelai dengan kontrol.

Hasil analisa statistik pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa kelompok 25% semua jenis tempe tidak berbeda signifikan dibandingkan kelompok kontrol *amoxicillin*. Pada kelompok 75% kacang merah tidak berbeda signifikan dibandingkan kelompok kacang kedelai dan kelompok tanah, serta potensi antibakteri tempe kacang tanah lebih kecil dibandingkan kelompok tempe kedelai. Semua jenis tempe dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% memiliki hasil yang lebih rendah dibandingkan kontrol *amoxicillin*.

Perbedaan ZOI Antibakteri Tempe Kedelai, Tempe Kacang Merah, dan Tempe Kacang Tanah Terhadap *S. typhi*

Hasil diameter ZOI yang terbentuk dari setiap jenis ekstrak tempe dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% terhadap *S. typhi* dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Gambar 2**.



Gambar 2. ZOI konsentrasi (A) 25%; (B) 50%; (C) 75%

Keterangan: Gambar 2 merupakan ZOI yang terbentuk pada masing-masing kelompok ekstrak tempe kedelai, tempe kacang merah, dan kacang tanah dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% terhadap *S. typhi*.

Zona hambat yang terbentuk diatas media MHA menunjukkan aktivitas antibakteri dari masing-masing ekstrak dengan perbedaan konsentrasi dan pengulangan yang sama sebanyak 3 kali. **Gambar 2.A** menunjukkan konsentrasi ekstrak 25% terhadap *S. typhi*, **Gambar 2.B** menunjukkan konsentrasi ekstrak terhadap 50% terhadap *S. typhi*, dan **Gambar 2.C** menunjukkan konsentrasi ekstrak 75% terhadap *S. typhi*.

Tabel 2. Tabel Diameter ZOI Bakteri *S. typhi* Pada Tempe Kedelai, Tempe Kacang Merah, dan Tempe Kacang Tanah

Kelompok	Konsentrasi 25%		Konsentrasi 50%		Konsentrasi 75%	
	Mean±SD (mm)	Kategori	Mean±SD (mm)	Kategori	Mean±SD (mm)	Kategori
KM	10,25±0,81	Kuat	11,02±0,64 ^a	Kuat	10,78±0,5	Kuat
KT	10,44±0,42	Kuat	10,81±0,31 ^{ab}	Kuat	10,83±0,24	Kuat
KK	10,4±0,65	Kuat	11,08±0,16 ^a	Kuat	10,71±0,2	Kuat
K (+)	11,28±0,59	Kuat	11,49±0,3 ^{ac}	Kuat	11,34±0,43	Kuat

Keterangan: Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata ± SD dari 3 kali pengulangan. Analisa data menggunakan uji *One-Way Anova* dengan nilai signifikansi $p < 0,05$ pada kelompok 25% dan 75%, serta uji *One-Way Anova* yang dilanjutkan uji Post Hoc Bonferroni dengan nilai signifikansi $p < 0,05$ pada kelompok 50%. Hasil kelompok 50% memiliki perbedaan signifikansi antara kelompok tempe kacang tanah dengan kontrol.

Hasil analisa statistik pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa pada kelompok 25% dan 75% semua jenis tempe tidak memiliki perbedaan signifikan dibandingkan kelompok kontrol *chloramphenicol*. Pada kelompok 50% tempe kacang tanah memiliki perbedaan signifikan dibandingkan kelompok kontrol *chloramphenicol*. Semua jenis tempe dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% memiliki hasil yang lebih rendah dibandingkan kontrol *chloramphenicol*.

PEMBAHASAN

Perbandingan Potensi Antibakteri Tempe Kacang Merah, Tempe Kacang Kedelai, dan Tempe Kacang Tanah Terhadap Bakteri *E. coli*

Semua jenis tempe dengan perbedaan dosis konsentrasi memiliki kemampuan antibakteri yang dikategorikan dalam golongan kuat terhadap bakteri *E. coli*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga macam jenis tempe pada konsentrasi 25% lebih rendah dibandingkan kontrol namun secara statistik tidak berbeda signifikan dibandingkan kontrol *amoxicillin* pada dosis 25 µg. Penyebab dari hasil ini adalah kurangnya jumlah ulangan sehingga tidak bisa dilakukan sortasi data.

Konsentrasi 75% pada semua jenis tempe mengurangi efek antibakteri dibandingkan kontrol *amoxicillin*. Hal ini disebabkan *amoxicillin* bekerja lebih spesifik daripada senyawa aktif yang terkandung dalam tempe kacang merah, tempe kacang tanah, dan tempe kedelai. *Amoxicillin* bekerja mengikat protein dengan β -lactam yang mencegah aktivitas transpeptidase untuk sintesa dinding sel, serta mengaktifkan enzim autolisis dinding sel bakteri¹⁴.

Hasil antibakteri semua jenis tempe konsentrasi 75% lebih baik daripada semua jenis tempe konsentrasi 50%. Hal ini diduga disebabkan peningkatan dosis akan menyebabkan peningkatan konsentrasi flavonoid. Mekanisme flavonoid sebagai antibakteri adalah menghambat sintesis asam nukleat, menghambat aktivitas membran sitoplasma, dan menghambat pembentukan energi³. Penghambatan sintesis asam nukleat terjadi akibat penumpukan basa asam nukleat yang dihasilkan selama terjadinya ikatan hidrogen oleh cincin A dan B flavonoid. Interaksi ini mengakibatkan pembentukan DNA dan RNA terhambat dan permeabilitas dinding bakteri mengalami kerusakan. Pembentukan membran sitoplasma terhambat akibat pembentukan senyawa kompleks dari protein ekstraseluler dan terlarut. Hal ini menyebabkan membran sel bakteri menjadi rusak dan keluarnya senyawa intraseluler. Sedangkan penghambatan pembentukan energi disebabkan terhambatnya oksigen dari bakteri pada membran sitoplasma¹⁵.

Penambahan ragi pada proses pembuatan tempe dapat membantu peningkatan potensi antibakteri. Ragi *Rhizopus sp.* pada tempe memiliki kemampuan meningkatkan genestein (isoflavon bebas) karena memiliki enzim β -glukosidase sebagai hasil hidrolisis glukosa dan flavonoid. Ragi berperan dalam terjadinya proses ikatan antara flavonoid dan glukosa. Isoflavon bebas yang diproduksi oleh ragi akan meningkatkan kemampuan sebagai antibakteri¹⁴. Selain flavonoid

tempe juga mengandung senyawa aktif fenol dan saponin^{11,16}.

Fenol bekerja mendenaturasi protein dan merusak membran sitoplasma sel menyebabkan permeabilitas terganggu, sehingga bakteri menajdi lisis. Saponin akan mengubah tegangan muka dan mengikat lipid pada sel bakteri yang menyebabkan lipid terekskresi dari dinding sel sehingga permeabilitas membran bakteri terganggu. Gabungan senyawa aktif dari tempe memiliki keunggulan dibandingkan senyawa aktif tunggal. Gabungan senyawa aktif mampu meminimalisir potensi terjadinya efek samping¹⁷.

Selain mekanisme diatas, fermentasi kacang pada produk tempe dapat menghasilkan Bakteri Asam Laktat (BAL). BAL berperan menghasilkan produk seperti asam organik dan hidrogen peroksida. Pembentukan asam organik akan menyebabkan perubahan lingkungan menjadi lebih asam sehingga mampu untuk melisis dinding sel bakteri *E. coli*. Hidrogen peroksida menyebabkan denaturasi enzim dan meningkatkan permeabilitas membran lipid melalui grup sulfohydryl yang teroksidasi pada bakteri¹⁸.

Pada penelitian *E. coli* kelompok 75%, terdapat perbedaan hasil tempe kacang tanah yang lebih rendah daripada tempe kacang kedelai. Hal ini diduga karena jumlah kadar total flavonoid (TFC) yang terkandung dalam kacang. Penelitian melaporkan bahwa TFC yang dikandung dalam kacang tanah dan kedelai adalah 2.21 mg CE/g dan 219.51 mg CE/g. TFC mempengaruhi aktivitas antibakteri dimana semakin besar TFC pada kacang akan berbanding lurus dengan kekuatan aktivitas antibakteri^{19,20}.

Perbandingan Potensi Antibakteri Tempe Kacang Merah, Tempe Kacang Kedelai, dan Tempe Kacang Tanah Terhadap Bakteri *S. typhi*

Pertumbuhan bakteri *S. typhi* mampu dihambat oleh ekstrak tempe kedelai, tempe kacang merah, dan tempe kacang tanah walaupun hasilnya lebih rendah dibandingkan *chloramphenicol*. Perbandingan antar kelompok ketiga jenis tempe tidak mengalami perberbedaan signifikan dibandingkan kontrol. Hal ini diduga pada konsentrasi 25% senyawa flavonoid telah berikatan dengan semua reseptor yang terdapat dipermukaan membran sel bakteri. Peningkatan dosis flavonoid tidak dapat meningkatkan efek antibakteri.

Chloramphenicol mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. typhi* melalui penghambatan sintesa protein pada subunit 50S ribosom khususnya mencegah penempelan transfer RNA ke A site ribosom²¹. Pada penelitian *S. typhi*, kelompok tempe kedelai, tempe kacang merah, dan tempe kacang tanah tidak memiliki perbedaan signifikan. Hal ini

diduga bahwa konsentrasi 25% setara dengan potensi *chloramphenicol* 30 µg. Namun demikian diduga mekanisme antibakteri dari ketiga jenis tempe berbeda dengan *chloramphenicol*.

Kelemahan penelitian ini adalah mengukur ZOI dalam satu yang sama, melakukan pengujian dengan satu dosis yang sama dalam satu cawan petri, pengujian dilakukan tanpa menggunakan kontrol negatif, melakukan fraksinasi flavonoid, dan melakukan dengan golongan bakteri gram positif dan negatif.

Penelitian *in vitro* merupakan landasan pengembangan penelitian lebih lanjut. Hal ini dinilai karena penelitian *in vitro* tidak menggambarkan kondisi nyata pada manusia. Dibutuhkan penelitian lanjutan *in vivo* untuk membandingkan potensi antara ekstrak kasar dengan fraksinasi dan protein target yang dihambat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi 75% semua jenis tempe merupakan dosis terbaik dalam menghambat *E. coli* namun lebih rendah dibandingkan kontrol *amoxicillin*.
2. Konsentrasi 25% semua jenis tempe merupakan dosis terbaik dalam menghambat *S. typhi* namun lebih rendah dibandingkan kontrol *chloramphenicol*.
3. Aktivitas antibakteri tempe terhadap pertumbuhan *S. typhi* lebih sensitif dibandingkan *E. coli*.

SARAN

Untuk pengembangan penelitian lanjutan disarankan agar:

1. Melakukan pengukuran dalam 3 waktu yang berbeda dengan variasi dosis.
2. Melakukan pengujian dengan kontrol negatif.
3. Menguji flavonoid ketiga jenis tempe secara *in vitro*.
4. Menggunakan jenis bakteri yang berbeda.

TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada IOM dan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang yang telah mendanai penelitian, Lab. Biomedik FK UMM yang telah memfasilitasi penelitian, dan dr. Rahma Triliana, M.Kes, PhD sebagai peer reviewer.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hanny ELL, Mustopa AZ, Budiarti S, Darusman HS, Ningrum RA, Fatimah. Efficacy, toxicity study and antioxidant properties of plantaricin E and F recombinants against enteropathogenic *Escherichia coli* K1.1 (EPEC K1.1). **Molecular Biology Reports**. 2019;46(6):6501-12
2. Medise BE, Soedjatmiko S, Rengganis I, Gunardi H, Sekartini R, Koesno S, Satari HI, Hadinegoro SR, Yang JS, Excler JL, Sahastrabuddhe S, Puspita M, Sari RM, Bachtiar NS. Six-month follow up of a randomized clinical trial-phase I study in Indonesian adults and children: Safety and immunogenicity of *Salmonella typhi* polysaccharide-diphtheria toxoid (VI-DT) conjugate vaccine. **PLoS ONE**. 2019;14(2):1-14.
3. Dewi LC, Subandi, Suharti. Uji Antibakteri Dan Daya Inhibisi Ekstrak Kulit Kacang Tanah Terhadap Aktivitas Enzim Xantin Oksidase. 2012;7(6):1-25.
4. Fawwaz M, Wahyudin EM, Djide N. Identifikasi Genistein dan Efek Isoflavon Hasil Fermentasi Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) Terhadap Proliferasi Sel Osteoblast Secara In Vitro. **J Chem Inf Model**. 2013;53(9):1689-99.
5. Hamed El S E, Ibrahim El A MM, Mounir S M. Antimicrobial Activities of Lectins Extracted from Some Cultivars of *Phaseolus vulgaris* Seeds. **J Microb Biochem Technol**. 2017;09(3).
6. Chaleshtori SAH, Kachoie MA, Jazi SMH. Antibacterial effects of the methanolic extract of *Glycine Max* (Soybean). **Microbiol Res (Pavia)**. 2017;8(2).
7. Damayanti D. Potency Of *Vigna Angularis* Against *Era* Through In Silico Studies. **J Kesehat Islam**. 2020;9(2):49.
8. O'Neill BF, Zangerl AR, Dermody O, Bilgin DD, Casteel CL, Zavala JA, DeLucia EH, Berenbaum MR. Impact of elevated levels of Atmospheric CO₂ and herbivory on Flavonoids of soybean (*Glycine max Linnaeus*). **Journal of Chemical Ecology**. 2010;36:35-45.
9. Ullah S, Hussain SA, Shaukat F, Hameed A, Yang W, Song Y. Antioxidant Potential and the Characterization of *Arachis hypogaea* Roots. **BioMed Research International**. 2019
10. Mambang DEP, Rosidah, Suryanto D. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Tempe Terhadap Bakteri *Bacillus Subtilis* dan *Staphylococcus Aureus*. **J Teknol dan Ind Pangan**. 2014;25(1):115-8.
11. Mawaddah N, Fakhruddin, Rosmaidar. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Tempe Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. **Jimvet**. 2018;2(3):230-41.
12. Pamungkas ETGDP, Sugiyono, Nurtama B. Tempe Bungkil Kacang Tanah Khas Malang Malang Peanut Press Cake Tempe. **J Pangan**. 2018;1(1):1-11.
13. Suknia SL, Rahmani TPD. Proses Pembuatan Tempe Home Industry Berbahan Dasar Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) dan Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) Di Candiwesi, Salatiga. **Southeast Asian J Islam Educ**. 2020;3(1):59-76.
14. Akhavan BJ, Khanna NR, Vijhani P. Amoxicillin. [Updated 2020 Aug 27]. In: StatPearls [Internet]. **Treasure Island (FL): StatPearls Publishing**. 2021. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482250/>.
15. Rakasari NMG, Duniaji AS, Nocianitri KA. Kandungan Senyawa Flavonoid dan Antosianin Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.)

- Serta Aktivitas Antibakteri Terhadap *Vibrio cholerae*. **J Ilmu dan Teknol Pangan**. 2019;8(2):216.
16. Abdullah N, Wan K, Wan SS, Ismail N, Maskat MY. Phenolic Acids, Flavonoids Profiles and Antioxidant Activity of Tempeh Protein Hydrolysate Prepared From Soybean Tempeh. **Proceedings of the International Conference on Food Quality, Safety and Security**. 2017;1:38-49.
 17. Marlina D. Pengaruh Pemberian Ekstrak Tempe Terhadap Gambaran Histopatologi Ginjal Tikus Putih Jantan Galur Wistar (*Rattus Norvegicus*) dengan Pemberian Parasetamol Dosis Toksik. **Jurnal Kesehatan**. 2013;1(12):115-23.
 18. Desniar, Rusmana I, Suwanto A, Mubarik NR. Senyawa Antimikroba Yang Dihasilkan Oleh Bakteri Asam Laktat Asal Bekasam. **J Akuatika**. 2012;3(2):135-45.
 19. Chen Q, Wang X, Yuan X, Shi J, Zhang C, Yan N, Jing C. Comparison of Phenolic and Flavonoid Compound Profiles and Antioxidant and α -Glucosidase Inhibition Properties of Cultivated Soybean (*Glycine max*) and Wild Soybean (*Glycine soja*). **Plants**. 2021;10(813): 1-14.
 20. Hussain AI, Chatha SAS, Noor S, Arshad MU, Khan ZA, Rathore HA, Sattar MZA. Effect of Extraction Techniques and Solvent Systems on the Extraction of Antioxidant Components from Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Hulls. **Food Anal. Methods**. 2012;(5):890–6
 21. Mahmiah M, Rama SP, Riwanti P. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Kulit Batang *Rhizophora mucronata* Poiret terhadap *Salmonella typhi*, Lignières 1900 (*Enterobacteriaceae: Gammaproteobacteria*). **J Kelaut Trop**. 2020;23(2):175-182.