



## **Analisis nilai gizi dan total bakteri asam laktat tempe probiotik** *Nutrient and lactic acid bacteria count in probiotic tempe*

Rio Jati Kusuma<sup>1\*</sup>, Aviria Ermamilia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departemen Gizi dan Kesehatan, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada;

<sup>2</sup> Pusat Kedokteran Herbal, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada

\* Korespondensi: Rio Jati Kusuma, Departemen Gizi dan Kesehatan, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada. Jalan Farmako Sekip Utara Yogyakarta, Telp/Fax: (+62274)547775, email: [riojatikusuma@gmail.com](mailto:riojatikusuma@gmail.com)

### Article History:

Diterima: 29/03/2024  
Ditelaah: 04/04/2024  
Dimuat: 31/10/2024

Publisher:



**Universitas Respati Yogyakarta**  
[respati.ac.id](http://respati.ac.id)

© The Author(s). 2023 Open Access  
This article has been distributed under the terms of the License Internasional Creative Commons Attribution 4.0



### Abstrak

**Latar Belakang:** Tempe merupakan makanan fermentasi kedelai khas Indonesia yang memiliki manfaat bagi kesehatan. Efek kesehatan dari tempe dapat ditingkatkan melalui penambahan bakteri probiotik menghasilkan tempe probiotik. Namun, belum ada yang evaluasi nilai gizi dan total bakteri asam laktat pada tempe probiotik. **Tujuan:** Untuk mengukur pengaruh penambahan bakteri probiotik terhadap kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar dan karbohidrat serta bakteri asam laktat pada tempe probiotik. **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain rancangan acak lengkap. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus- November 2023, bertempat di Laboratorium Pengembangan Produk, Departemen Gizi Kesehatan UGM. Sampel yang dianalisis adalah tempe standar dan tempe yang disuplementasi dengan 1% (b/b) campuran bakteri *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum* dan *Streptococcus thermophilus* (tempe probiotik). Kadar air, abu, protein, lemak dan karbohidrat dianalisis menurut metode AOAC. Kadar bakteri asam laktat diukur dengan menggunakan angka lempeng total dalam media MRS. Uji *t* tidak berpasangan dilakukan dengan  $\alpha$  ditetapkan pada 95%. **Hasil:** Terdapat perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) pada kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, energi, dan total bakteri asam laktat pada kedua jenis tempe. Tempe probiotik memiliki kadar air dan total bakteri asam laktat yang lebih tinggi dibandingkan dengan tempe standar. **Kesimpulan:** Penambahan bakteri probiotik pada tempe memengaruhi nilai gizi dan total bakteri asam laktat.

**Kata kunci:** tempe; probiotik; bakteri asam laktat; nilai gizi; pangan fungsional

### Abstract

**Background:** Tempeh is a traditional soy-fermented food from Indonesia that has health-promoting activity. The health activity of tempeh can be elevated by the addition of probiotic, resulting in probiotic tempeh. However, no studies have reported the proximate and total lactic acid bacteria in probiotic tempeh. **Objective:** To evaluate the impact of the addition of probiotic bacteria during tempeh production on moisture, ash, protein, fat, crude fiber, carbohydrate and total lactic acid bacteria of tempeh. **Methods:** This was an experimental study with randomized controlled trial. The research was conducted from August- November 2023 at the product development laboratory at Department of Nutrition and Health UGM. Sample was regular tempeh with probiotic tempeh developed by addition of 1% (w/w) of lyophilized *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum* and *Streptococcus thermophilus*. The moisture, ash, protein, fat, crude fiber, and carbohydrate were analyzed according to AOAC method. Total plate count using MRS agar was used to count total lactic acid bacteria in tempeh. Independent sample *t*-test was used with at 95%. **Result:** There was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in moisture, ash, protein, fat, carbohydrate, energy and total lactic acid bacteria count between groups. Probiotic tempeh has higher moisture and total lactic acid bacteria count compared with regular tempeh. **Conclusion:** Addition of probiotic bacteria during tempeh production impacts nutrient content as well total lactic acid bacteria in tempeh.

**Keywords:** tempe; probiotic; lactic acid bacteria; nutrient value; functional food

## PENDAHULUAN

Kedelai merupakan kacang-kacangan yang telah lama dikonsumsi oleh populasi Asia sejak 3000 tahun yang lalu (1). Masyarakat di Asia mengolah kedelai menjadi bahan pangan lain seperti tempe, *nato*, kecap dan lainnya yang tidak hanya meningkatkan nilai gizi, namun juga memberikan manfaat kesehatan (2). Hal ini disebabkan oleh enzim yang terdapat dalam mikroorganisme seperti protease, amilase, dan  $\beta$ -glukosidase yang berperan penting dalam *biotransformasi* zat gizi dan senyawa bioaktif menjadi senyawa dengan nilai fungsional kesehatan yang lebih baik dibandingkan dengan produk awalnya yaitu kacang kedelai (3). *Biotransformasi* ini juga memengaruhi sifat organoleptik seperti rasa dan aroma serta kestabilan dari produk fermentasi kedelai (4,5).

Tempe merupakan makanan fermentasi kedelai asli Indonesia yang masuk dalam kategori makanan fungsional. Makanan fungsional didefinisikan sebagai makanan baru yang diformulasikan sehingga mengandung substansi atau mikroorganisme hidup yang memiliki efek untuk mencegah perkembangan penyakit dan diberikan pada konsentrasi yang aman dan cukup untuk mencapai efek kesehatan yang diinginkan (6). Tempe dilaporkan memiliki aktivitas dalam manajemen dan pencegahan beberapa penyakit metabolik seperti diabetes, obesitas, anemia maupun kanker (7). Aktivitas ini disebabkan karena kandungan beberapa senyawa bioaktif yang terdapat dalam tempe antara lain isoflavon, peptida bioaktif, serat pangan maupun asam gamma-aminobutirat (GABA) (8-10). Senyawa bioaktif tersebut dapat bersifat sebagai antioksidan, anti-dislipidemia,

memiliki efek vasodilator serta bersifat sebagai anti-kanker.

Senyawa aglikon isoflavon merupakan senyawa bioaktif utama dalam tempe yang berperan dalam memberikan efek kesehatan pada tempe (11). Senyawa aglikon isoflavon terbentuk akibat aktivitas enzim  $\beta$ -glukosidase pada jamur *Rhizopus* yang memecah senyawa gula pada gugus malonil isoflavon menghasilkan senyawa aglikon isoflavon (12,13). Enzim ini terutama terdapat pada jamur *Rhizopus*, namun demikian juga terdapat pada bakteri asam laktat seperti dalam golongan bakteri *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium* (14). Menariknya, tidak semua tempe mengandung bakteri asam laktat. Hal ini dipengaruhi oleh variasi dalam metode pembuatan tempe seperti yang dilaporkan pada beberapa studi sebelumnya (15-16). Suplementasi bakteri asam laktat pada proses fermentasi tempe dilaporkan dapat meningkatkan aglikon isoflavon dari tempe yang dihasilkan serta meningkatkan efek kesehatan dari tempe yang dihasilkan (17-19). Selain itu, studi lain melaporkan bahwa suplementasi bakteri asam laktat pada proses pembuatan tempe dapat memperpendek waktu fermentasi serta meningkatkan nilai organoleptik dari tempe yang dihasilkan (20).

Meskipun peran dari suplementasi bakteri asam laktat telah dilaporkan pada beberapa studi, namun pengaruhnya terhadap perubahan nilai gizi belum pernah dilakukan. Analisis nilai gizi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa kandungan gizi tempe yang dihasilkan dari penambahan bakteri asam laktat tidak menurun. Hal ini disebabkan oleh adanya enzim pada bakteri asam laktat yang dapat memecah zat gizi makro

sehingga dapat mengurangi kandungan gizi dari tempe yang dihasilkan (21). Selain itu, studi sebelumnya juga belum banyak melakukan evaluasi dari penambahan bakteri asam laktat pada proses pembuatan tempe terhadap total bakteri asam laktat pada tempe yang dihasilkan. Penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai informasi bahwa bakteri asam laktat dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada tempe, sehingga menjadi alternatif media dalam transfer bakteri probiotik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi bakteri asam laktat pada proses pembuatan tempe terhadap nilai gizi dan total bakteri asam laktat pada tempe.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain rancangan acak lengkap. Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Agustus 2023. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempe standar dan tempe modifikasi probiotik. Bakteri *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum* dan *Streptococcus thermophilus* diperoleh dari Food and Nutrition Culture Center (FNCC) Pusat Studi Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada (UGM). Bakteri kemudian dikembangkan dalam media MRS cair yang disuplementasi dengan 10% peptone dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Setelah itu, dilakukan enumerasi bakteri menggunakan teknik angka lempeng total (*total plate count*). Apabila bakteri mencapai 10<sup>9</sup>CFU/ml, masing-masing sebanyak 1% (v/v) dibiakkan ke dalam susu skim steril. Campuran kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam

dan dikeringkan dengan menggunakan metode kering beku (*freeze dryer*).

Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan tempe. Pembuatan tempe dilakukan menurut penelitian yang telah kami lakukan sebelumnya (17) dengan modifikasi. Secara umum, kacang kedelai yang diperoleh dari pasar dicuci dan dibersihkan. Kacang kedelai kemudian direbus selama 10 menit dalam air mendidih. Kedelai dipisahkan dari kulit ari, direndam selama satu malam, dan direbus kembali selama 5 menit. Kacang kedelai kemudian didinginkan dan ditambahkan ragi tempe *Raprima* (1 gram/kg kacang kedelai) serta 5% (b/b) kultur bakteri probiotik. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam plastik yang telah dilubangi dan difermentasi selama 48 jam. Untuk tempe standar, perlakuan dibuat sama, tapi tanpa penambahan kultur bakteri probiotik. Analisis proksimat meliputi kadar air, kadar abu, protein total, dan lemak total dilakukan menggunakan metode standar AOAC. Analisis karbohidrat dilakukan dengan teknik *by difference* dan analisis energi dilakukan dengan menjumlah total energi yang dihasilkan dari setiap zat gizi makro (karbohidrat setara 4 kalori/gram, protein setara 4 kalori/gram, dan lemak setara 9 kalori/gram) pada sampel.

Analisis total bakteri asam laktat pada tempe dilakukan dengan menggunakan angka lempeng total (*total plate count*). Secara umum, sebanyak 1 gram dari masing-masing tempe ditimbang dan dihomogenkan dengan 9 ml larutan NaCl 0,8% steril. Sebanyak 1 ml larutan sampel diencerkan secara bertingkat 10 kalinya hingga didapat pengenceran 10<sup>-9</sup>. Masing-masing larutan pengenceran sampel diambil 1 ml dan di *plating* (ditanam) dalam media MRS agar dengan teknik *pour plate* dan diinkubasi pada suhu 37°C

selama 48 jam. Koloni yang terbentuk kemudian dihitung dengan satuan *colony forming unit* (CFU). Sebagai kontrol, dilakukan pengambilan 1 ml larutan NaCl 0,8% steril dengan prosedur yang sama dengan larutan sampel.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis normalitasnya menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Apabila data terdistribusi normal ( $p > 0,05$ ), analisis statistik dilakukan dengan menggunakan *independent sample t-test*, sedangkan uji *Mann-Whitney* digunakan apabila data tidak berdistribusi normal. Analisis statistik dilakukan dalam perangkat lunak *R* dengan  $\alpha$  ditetapkan pada 95%.

## **HASIL**

### **Pengaruh Suplementasi Bakteri Probiotik terhadap Nilai Proksimat Tempe**

Sebelum dilakukan analisis statistik, uji normalitas data dilakukan pada variabel nilai proksimat gizi tempe. Berdasarkan hasil uji normalitas data pada kadar air, protein, lemak, karbohidrat, abu dan energi, hasil analisis menunjukkan nilai yang tidak signifikan ( $p > 0,05$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa data pada masing-masing variabel nilai proksimat berdistribusi normal. Oleh karena itu, analisis statistik dilakukan dengan menggunakan uji parametrik *independent sample t-test*.

Hasil uji statistik dengan menggunakan *independent sample t-test* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) antara kadar air, protein, lemak, karbohidrat, abu dan energi. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan pada nilai proksimat

pada kedua jenis tempe. Pengaruh suplementasi bakteri probiotik pada proses pembuatan tempe terhadap nilai gizi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tempe yang dibuat melalui suplementasi bakteri probiotik memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan tempe standar. Meskipun terdapat perbedaan pada kadar air, namun kedua jenis tempe memiliki kadar air yang direkomendasikan menurut SNI yaitu maksimum 65%. Tingginya kadar air pada tempe disebabkan oleh proses perendaman tempe yang menyebabkan penetrasi air ke dalam kedelai (22). Adanya penetrasi air ini akan menyebabkan peningkatan volume dan pengembangan pada kacang kedelai. Kadar air yang terlalu tinggi dalam bahan pangan menjadi salah satu faktor yang menentukan umur simpan bahan pangan karena berhubungan dengan aktivitas mikroorganisme (23). Tingginya kadar air pada tempe probiotik menunjukkan bahwa bakteri probiotik dapat tumbuh dengan baik pada tempe. Pertumbuhan dari bakteri ini akan menghasilkan uap air sebagai hasil akhir metabolisme pada bakteri probiotik. Selain itu, kadar air dalam kedelai merupakan titik kritis dalam pembuatan tempe. Kadar air yang terlalu tinggi pada kedelai akan menghambat distribusi oksigen, sehingga dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan miselium jamur tempe. Sebaliknya, kadar air yang terlalu rendah pada kedelai akan menyebabkan kemampuan penetrasi kapang menurun sehingga miselium tidak tumbuh dengan baik pada tempe (24).

**Tabel 1. Hasil analisis proksimat tempe per 100 gram berat basah**

Nilai Gizi	Kelompok		p
	Tempe Standar	Tempe Probiotik	
Air	63,13±0,09	65,16±0,02**	0,003
Protein	13,59±0,02	11,59±0,10**	0,003
Lemak	7,57±0,18	6,53±0,11**	0,002
Karbohidrat	14,90±0,32	15,99±0,01*	0,030
Abu	0,78±0,01	0,73±0,01**	0,006
Energi	129.24±0,88	110,71±0,47***	<0,001

Keterangan:

Data dinyatakan dalam rata-rata±standar deviasi

Tanda bintang (\*, \*\*, \*\*\*) menunjukkan signifikansi pada  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$  dan  $p < 0,001$

Tempe yang dibuat dengan penambahan bakteri probiotik memiliki kadar abu yang lebih rendah dibandingkan tempe standar. Kadar abu dapat digunakan sebagai informasi atau penanda kandungan mineral pada tempe. Semakin tinggi kadar abunya, semakin tinggi mineral yang terdapat dalam tempe tersebut. Kadar abu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain hilangnya mineral selama proses pembuatan tempe akibat pencucian dan pelepasan kulit ari pada kedelai (25) dan penggunaan mineral untuk pertumbuhan mikroorganisme pada tempe (26). Pada penelitian ini, rendahnya kadar abu pada tempe probiotik disebabkan oleh penggunaan oleh bakteri probiotik. Hal ini dapat dijelaskan karena teknik dalam pembuatan tempe yang sama antara tempe standar dengan tempe probiotik sehingga dapat meminimalkan variabel lain yang memengaruhi nilai gizi pada kedua jenis tempe.

Terdapat hasil yang signifikan ( $p < 0,05$ ) pada kadar protein antar dua kelompok tempe. Tempe yang dibuat dengan melibatkan bakteri probiotik memiliki kadar protein yang lebih rendah dibandingkan tempe standar. Salah satu penyebab rendahnya kandungan protein pada tempe probiotik ini yaitu aktivitas

enzim protease yang terdapat pada bakteri probiotik dalam memecah protein pada kacang kedelai. Studi melaporkan bahwa *Lactobacillus acidophilus* mampu menghasilkan protease ekstraseluler dengan berat molekul 90 kD (27). Selain itu, bakteri *Streptococcus thermophilus* juga mampu menghasilkan tiga jenis protease yang terikat pada membran sel bakteri (28). Adanya enzim protease ini menyebabkan rendahnya kadar protein pada tempe probiotik dibandingkan dengan tempe standar.

Tren yang sama juga terlihat pada kadar lemak tempe. Tempe yang dibuat dengan melibatkan bakteri probiotik memiliki kadar lemak yang lebih rendah dibandingkan tempe standar. Adanya perbedaan ini disebabkan karena adanya aktivitas enzim lipase yang memecah lemak menjadi bentuk sederhana yaitu asam lemak. Studi menunjukkan bahwa bakteri *Bifidobacterium longum* dan *Lactobacillus acidophilus* mampu menghasilkan enzim lipase yang aktif pada pH netral (29). Enzim lipase ini juga aktif pada tipe fermentasi *solid state* seperti pada tempe dan bekerja optimal pada kadar air 60–65% (30). Hal ini menunjukkan bahwa enzim lipase yang berasal dari bakteri probiotik berperan

penting dalam menurunkan kadar lemak pada tempe.

Selain itu, rendahnya kadar lemak dan protein pada tempe probiotik akan berdampak pada rendahnya nilai kalori pada tempe. Tempe probiotik secara signifikan memiliki kalori yang lebih rendah dibanding tempe standar. Rendahnya nilai kalori pada tempe probiotik menandakan bahwa tempe probiotik dapat digunakan pada individu yang menjalani diet rendah kalori untuk penurunan berat badan.

### **Pengaruh Suplementasi Bakteri Probiotik pada Tempe terhadap Jumlah Bakteri Asam Laktat**

Uji normalitas dilakukan pada kedua data total bakteri asam laktat pada kedua jenis tempe. Hasil analisis menunjukkan nilai  $p > 0,05$  yang mengindikasikan bahwa data berdistribusi normal. Oleh karena itu, uji statistik dilakukan menggunakan uji *independent sample t-test*. Hasil analisis statistik menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan ( $p < 0,001$ ) pada total bakteri asam laktat antara kedua kelompok tempe. Tempe probiotik memiliki total bakteri asam laktat yang lebih tinggi dibandingkan tempe standar ( $9,8 \pm 0,1 \log \text{ cfu/gram}$  vs  $7,8 \pm 0,1 \log \text{ cfu/gram}$ ). Pengaruh suplementasi bakteri asam laktat terhadap kadar total bakteri asam laktat dapat dilihat pada **Gambar 1**.

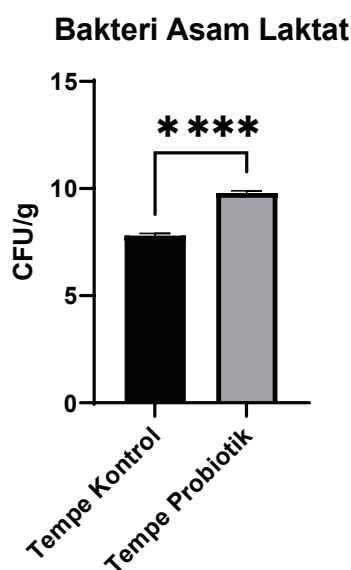
Berdasarkan hasil ini, dapat diketahui metode pembuatan tempe berdampak pada jumlah total bakteri asam laktat pada produk yang dihasilkan. Metode yang kami gunakan adalah melalui 2 kali perendaman yang berperan penting dalam menstimulasi pertumbuhan bakteri asam laktat pada tempe. Hasil ini dikonfirmasi berdasarkan studi sebelumnya dengan jumlah total bakteri

asam laktat ini adalah sekitar  $6-7 \log \text{ cfu/gram}$  (31). Penelitian lain melaporkan bahwa bakteri asam laktat yang terdapat pada tempe meliputi *Lactobacillus agilis*, *Lactobacillus fermentum*, *Weissella confusa*, *Lactobacillus delbrueckii* dan *L. fermentum* (32). Bakteri asam laktat ini berperan dalam menurunkan pH kedelai pada saat perendaman. Pada tempe probiotik, penambahan bakteri probiotik mampu meningkatkan jumlah bakteri asam laktat hingga  $9 \log \text{ cfu/gram}$ . Hal ini menunjukkan bahwa bakteri asam laktat dapat tumbuh dengan baik pada tempe dan tidak memengaruhi pertumbuhan miselium jamur. Hal ini serupa dengan studi lainnya yang menemukan bahwa penambahan bakteri asam laktat tidak memengaruhi pertumbuhan miselium jamur. Selain itu, penelitian tersebut juga melaporkan bahwa penambahan bakteri asam laktat selama proses pembuatan tempe menurunkan waktu fermentasi dan meningkatkan nilai organoleptik tempe (20).

Selain itu, penambahan bakteri asam laktat tidak hanya berperan dalam mempercepat proses pembuatan tempe, namun juga memiliki dampak bagi efek kesehatan yang ditimbulkan. Beberapa penelitian melaporkan peran dari suplementasi bakteri asam laktat yang ditambahkan pada proses pembuatan tempe dalam meningkatkan efek anti-diabetes tempe (17-19). Penambahan ini selain disebabkan oleh peningkatan senyawa bioaktif aglikon isoflavon akibat aktivitas dari enzim  $\beta$ -glukosidase, juga disebabkan karena aktivitas anti-*dysbiosis* yang lebih kuat. Dampak lainnya dari penambahan bakteri asam laktat adalah potensinya sebagai “paraprobiotik”. Studi melaporkan bahwa jumlah bakteri utuh pada tempe yang telah diolah berkisar antara  $\log 9$

cfu/ gram dengan bakteri hidup sebesar log 4-5 cfu/gram (33). “Paraprobiotik” merupakan bakteri probiotik tidak hidup dan utuh terutama dari golongan *Lactobacillus*, yang memberikan efek kesehatan bagi inangnya (34). Komponen “paraprobiotik” ini tentunya dapat meningkat seiring dengan penambahan bakteri asam laktat pada proses pembuatan tempe. Namun demikian,

diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi “paraprobiotik” tersebut. Salah satu potensi pemanfaatan komponen “paraprobiotik” dalam tempe ini adalah sebagai makanan atlet dalam meningkatkan performanya karena kemampuannya dalam meningkatkan produksi energi serta mempercepat kesembuhan dari atlet (35).



**Gambar 1. Total bakteri asam laktat dari tempe**

Keterangan: Total bakteri asam laktat dihitung menggunakan teknik angka lempeng total pada media MRS agar. Tanda bintang (\*\*\*) mengindikasikan nilai  $p < 0,001$  berdasarkan uji t-tidak berpasangan (independent sample t-test).

## KESIMPULAN

Suplementasi bakteri *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum* dan *Streptococcus thermophilus* pada proses pembuatan tempe probiotik memengaruhi nilai gizi tempe dan meningkatkan total bakteri asam laktat pada tempe. Meskipun nilai gizi pada tempe probiotik lebih rendah dibanding tempe standar, namun peningkatan total bakteri asam laktat memberikan efek kesehatan yang lebih menguntungkan. Penelitian lebih lanjut terkait efek tempe probiotik ini terhadap kesehatan perlu dilakukan, terutama potensi tempe

probiotik ini dalam manajemen diet atlet maupun pasien dengan penyakit degeneratif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh hibah Dana Masyarakat Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

1. De Maria M, Robinson E, Kangile J, Kadigi R, Dreoni I, Couto M, et al. Global Soybean Trade - The

- Geopolitics of a Bean. CentAUR; 2020. DOI: 10.34892/7yn1-k494.
2. Yan H, Jin JQ, Yang P, Yu B, He J, Mao XB, *et al.* Fermented soybean meal increases nutrient digestibility via the improvement of intestinal function, anti-oxidative capacity and immune function of weaned pigs. *Animal*. 2022; 16:100557.
  3. do Prado FG, Pagnoncelli MGB, de Melo Pereira GV, Karp SG, Soccol CR. Fermented soy products and their potential health benefits: A review. *Microorganisms*. 2022; 10:1606.
  4. Mukherjee R, Chakraborty R, Dutta A. Role of fermentation in improving nutritional quality of soybean meal — A review. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2016; 29:1523–9.
  5. Sharma R, Garg P, Kumar P, Bhatia SK, Kulshrestha S. Microbial fermentation and its role in quality improvement of fermented foods. *Fermentation*. 2020; 6:106.
  6. Temple NJ. A rational definition for functional foods: A perspective. *Front Nutr*. 2022; 9:957516. Doi: 10.3389/fnut.2022.957516.
  7. Ahnan-Winarno AD, Cordeiro L, Winarno FG, Gibbons J, Xiao H. Tempeh: A semi centennial review on its health benefits, fermentation, safety, processing, sustainability, and affordability. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2021; 20:1717–67.
  8. Aoki H, Uda I, Tagami K, Furuya Y, Endo Y, Fujimoto K. The production of a new tempeh-like fermented soybean containing a high level of gamma-aminobutyric acid by anaerobic incubation with *Rhizopus*. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2003; 67:1018–23.
  9. Astawan M, Mardhiyyah Y, Wijaya C. Potential of bioactive components in tempe for the treatment of obesity. *J Gizi dan Pangan*. 2018; 13:79–86.
  10. Su H-K, Tsai M-H, Chao H-R, Wu M-L, Lu J-H. Data on effect of tempeh fermentation on patients with type II diabetes. *Data Brief*. 2021; 38:107310.
  11. Hsiao Y-H, Ho C-T, Pan M-H. Bioavailability and health benefits of major isoflavone aglycones and their metabolites. *J Funct Foods*. 2020; 74:104164.
  12. Kameda T, Aoki H, Yanaka N, Kumrungsee T, Kato N. Production of isoflavone aglycone-enriched tempeh with *Rhizopus stolonifer*. *Food Sci Technol Res*. 2018; 24:493–9.
  13. Yuksekdag Z, Cinar Acar B, Aslim B, Tukenmez U.  $\beta$ -Glucosidase activity and bioconversion of isoflavone glycosides to aglycones by potential probiotic bacteria. *Int J Food Prop*. 2017; 20:S2878–86.
  14. Michlmayr H, Kneifel W.  $\beta$ -Glucosidase activities of lactic acid bacteria: mechanisms, impact on fermented food and human health. *FEMS Microbiol Lett*. 2014; 352:1–10.
  15. Radita R, Suwanto A, Kurosawa N, Wahyudi A, Rusmana I. Metagenome analysis of tempeh production: Where did the bacterial community in tempeh come from? *Malays J Microbiol*. 2017; 13:280–8.

16. Yulandi A, Suwanto A, Waturangi DE, Wahyudi AT. Shotgun metagenomic analysis reveals new insights into bacterial community profiles in tempeh. *BMC Res Notes*. 2020; 13:562.
17. Kusuma RJ, Widada J, Huriyati E, Julia M. Therapeutic effects of modified tempeh on glycemic control and gut microbiota diversity in diabetic rats. *Curr Nutr Food Sci*. 2022; 18:765–74.
18. Huang Y-C, Wu B-H, Chu Y-L, Chang W-C, Wu M-C. Effects of tempeh fermentation with *Lactobacillus plantarum* and *Rhizopus oligosporus* on streptozotocin-induced type ii diabetes mellitus in rats. *Nutrients*. 2018; 10:E1143.
19. Kusuma RJ, Widada J, Huriyati E, Julia M. Naturally acquired lactic acid bacteria from fermented cassava improves nutrient and anti-dysbiosis activity of soy tempeh. *Open Access Maced J Med Sci*. 2021; 9:1148–55.
20. Magdalena S, Hogaputri JE, Yulandi A, Yogiara Y. The addition of lactic acid bacteria in the soybean soaking process of tempeh. *Food Res*. 2022; 6:27–33.
21. Knez E, Kadac-Czapska K, Grembecka M. Effect of fermentation on the nutritional quality of the selected vegetables and legumes and their health effects. *Life*. 2023; 13:655.
22. Astawan M, Wresdiyati T, Widowati S, Bintari SH, Ichسانی N. Karakteristik fisikokimia dan sifat fungsional tempe yang dihasilkan dari berbagai varietas kedelai (Phsyco-chemical characteristics and functional properties of tempe made from different soybeans varieties). *J PANGAN*. 2013; 22:241–52.
23. Awulachew M. Understanding to the shelf life and product stability of foods. *J Food Process Preserv*. 2022; 5:1–5.
24. Winanti R, Bintari SH, Mustikaningtyas D. Studi observasi higienitas produk tempe berdasarkan perbedaan metode inokulasi. *Unnes J Life Sci*. 2014; 3:39–46.
25. Laksono AS, Marniza M, Rosalina Y. Karakteristik mutu tempe kedelai lokal varietas anjasmoro dengan variasi lama perebusan dan penggunaan jenis pengemas. *J Agroindustri*. 2019; 9:131–4.
26. Gan J, Kong X, Wang K, Chen Y, Du M, Xu B, et al. Effect of fermentation using different lactic acid bacteria strains on the nutrient components and mineral bioavailability of soybean yogurt alternative. *Front Nutr*. 2023; 10:1198456.
27. Suradi K, Chairunnisa H, Wulandari E, Putranto WS. Isolation and biochemical characterization of extracellular proteolytic enzyme from lactic acid bacteria isolated from various Indonesian traditional fermented product (Bakasam). *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2019; 334:012044.
28. Boulay M, Metton C, Mézange C, Oliveira Correia L, Meylheuc T, Monnet V, et al. Three distinct proteases are responsible for overall cell surface proteolysis in

- Streptococcus thermophilus*. Appl Environ Microbiol. 87: e01292-21.
29. Manasian P, Bustos A-S, Pålsson B, Håkansson A, Peñarrieta JM, Nilsson L, et al. First evidence of acyl-hydrolase/lipase activity from human probiotic bacteria: *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Bifidobacterium longum* NCC 2705. Front Microbiol. 2020; 11:1534.
  30. Paruchuru L, R.Manjushri, Reddy PN. Lipase production by lactic acid bacteria in submerged and solid state fermentation. Biotechnol Indian J. 2010; 4:2010.
  31. Efriwati, Suwanto A, Rahayu G, Nuraida L. Population dynamics of yeasts and lactic acid bacteria (lab) during tempeh production. HAYATI J Biosci. 2013; 20:57–64.
  32. Barus T, Giovania G, Lay BW. Lactic acid bacteria from tempeh and their ability to acidify soybeans in tempeh fermentation. Microbiol Indones. 2020; 14:4–4.
  33. Jonesti WP, Prihatna C, Natadiputri GH, Suwanto A, Meryandini A. Tempeh flour as an excellent source of paraprobiotics. Biodiversitas J Biol Divers; 24 (3): 1817-1823. Doi: 10.13057/biodiv/d240357.
  34. Teame T, Wang A, Xie M, Zhang Z, Yang Y, Ding Q, et al. Paraprobiotics and postbiotics of probiotic lactobacilli, their positive effects on the host and action mechanisms: A review. Front Nutr. 7: 570344. Doi: 10.3389/fnut.2020.570344.
  35. Subali D, Christos RE, Givianty VT, Ranti AV, Kartawidjajaputra F, Antono L, et al. Soy-based tempeh rich in paraprobiotics properties as functional sports food: More than a protein source. Nutrients. 2023; 15:2599.