

KOMPOSISI ZAT GIZI (FE, ZN, DAN VITAMIN C) TEMPE YANG DIFORTIFIKASI

Lia Yuliani^{1*}, Evawany Yunita Aritonang², Etti Sudaryati³

¹⁻³Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara

Email Korespondensi: nidanadifahnurrisorkiasormin@gmail.com

Disubmit: 14 Agustus 2024

Diterima: 04 Maret 2025

Diterbitkan: 01 April 2025

Doi: <https://doi.org/10.33024/mahesa.v5i4.16809>

ABSTRACT

Tempeh, a fermented soybean food from Indonesia, is rich in protein, fiber, and healthy fats. However, it lacks essential nutrients like iron, zinc, and vitamin C. Fortifying tempeh with these nutrients can improve its nutritional value, especially in regions like Kabupaten Deli Serdang. The purpose of this study is to look at the nutritional content of iron, zinc and vitamin c in unfortified tempeh and fortified tempeh. The study utilized a factorial Complete Random Design (RAL) to compare the composition of fortified tempeh, a type of soybean, containing fortified iron, zinc, and vitamin C. The analysis was conducted at the Chem-Mix Pratama Laboratory in Jogjakarta. In accordance with SNI 3144:2015, both unfortified and fortified tempeh meet the moisture content standard of 6.5%. Optimal moisture content is crucial for preventing microorganism growth and maintaining tempeh's texture and taste. Fortified tempeh generally has lower moisture content, with iron-fortified tempeh having the least. Zinc-fortified tempeh has the highest dust content, while iron-fortified tempeh has the lowest. Iron-fortified tempeh also has the lowest phytate levels. Vitamin C content is highest in tempeh fortified with iron, zinc, and vitamin C. Fortified tempeh alters its nutritional content, affecting moisture, dust, phytate, fat, protein, vitamin C, iron, and zinc levels.

Keywords: *Tempeh, Nutrients, Fortification.*

ABSTRAK

Tempe, makanan kedelai fermentasi dari Indonesia, kaya akan protein, serat, dan lemak sehat. Namun, ia kekurangan nutrisi penting seperti zat besi, seng, dan vitamin C. Memperkuat tempe dengan nutrisi ini dapat meningkatkan nilai gizinya, terutama di daerah seperti Kabupaten Deli Serdang. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat kandungan nutrisi zat besi, seng dan vitamin c pada tempe yang tidak difortifikasi dan tempe yang difortifikasi. Studi ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk membandingkan komposisi tempe yang diperkaya, sejenis kedelai, yang mengandung zat besi, seng, dan vitamin C yang diperkaya. Analisis dilakukan di Laboratorium Chem-Mix Pratama di Jogjakarta. Sesuai dengan SNI 3144:2015, baik tempe unfortified maupun fortified memenuhi standar kadar air 6,5%. Kadar air yang optimal sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan menjaga tekstur dan rasa tempe. Tempe yang diperkaya umumnya memiliki kadar air yang lebih rendah, dengan tempe yang diperkaya besi memiliki yang paling sedikit. Tempe yang

diperkaya seng memiliki kandungan debu tertinggi, sedangkan tempe yang diperkaya besi i yang terendah. Tempe yang diperkaya besi juga memiliki kadar fitat terendah. Kandungan vitamin C tertinggi dalam tempe yang diperkaya dengan zat besi, seng, dan vitamin C. Tempe yang diperkaya mengubah kandungan nutrisinya, memengaruhi kadar kelembaban, debu, fitat, lemak, protein, vitamin C, zat besi, dan seng.

Kata Kunci: Tempeh, Zat Gizi, Fortifikasi

PENDAHULUAN

Tempe adalah makanan berbasis tumbuhan yang sangat bergizi. Tempeh adalah sumber protein yang baik dengan asam amino esensial, mengandung serat untuk kesehatan pencernaan, dan menyediakan lemak sehat dalam jumlah sedang (Pinasti dkk., 2020). Tempe adalah produk kedelai fermentasi yang mengandung protein, lemak, dan mikronutrien lainnya (Fujiana dkk., 2021). Selain itu, tempeh kaya akan berbagai vitamin B dan mineral seperti kalsium, magnesium, fosfor, dan kalium. Indonesia adalah produsen tempeh terbesar di dunia karena sekitar 50% dari produksi kedelai digunakan untuk membuat tempeh (Kristiningrum & Susanto, 2016).

Kacang kedelai memiliki kandungan zat besi yang cukup dan dapat digunakan sebagai makanan lain. Kacang kedelai adalah zat anti-nutrisi, tetapi jika diproses melalui proses fermentasi menjadi tempeh, zat ini akan dikurangi, yang berarti nutrisi lain yang dibutuhkan tubuh akan tersedia (Teoh dkk., 2024). Zat besi yang sudah ada di kacang kedelai harus diganti dengan zat besi lain melalui proses yang disebut penguat dengan besi lainnya, dengan tujuan meminimalkan jumlah zat besi yang dihilangkan dari sumber makanan berbasis tumbuhan (Amin, 2021). Namun, di banyak negara, termasuk Indonesia, masih ada masalah dengan kekurangan mikronutrien, seperti kekurangan zat besi (Fe), kekurangan seng (Zn),

dan vitamin C dalam diet masyarakat umum (Romulo & Surya, 2021).

Besi, seng, dan vitamin C yang diperkuat dalam tempeh sangat penting untuk meningkatkan nilai gizi. Besi sangat penting untuk pembentukan hemoglobin, dan penguatan dapat dilakukan dengan menggunakan sulfat besi atau fumarat besi (Sudargo dkk., 2013). Zinc penting untuk sistem kekebalan tubuh dan perkembangan sel, dan dapat ditambahkan dengan menggunakan *zinc sulfate* atau zinc oxide. Vitamin C, sebagai antioksidan, meningkatkan penyerapan zat besi dan dukungan kekebalan tubuh, dan dapat dimasukkan melalui asam askorbat. Memperkuat tempeh dengan nutrisi ini secara signifikan meningkatkan manfaat kesehatan secara keseluruhan (Romulo & Surya, 2021). Memperkuat tempeh dengan Fe, Zn, dan vitamin C memiliki beberapa manfaat untuk kesehatan masyarakat (Helmiyati dkk., 2016): 1) dengan meningkatkan kadar nutrisi penting ini dalam diet sehari-hari masyarakat, terutama di daerah yang rentan terhadap kekurangan gizi. 2) mendukung pertumbuhan anak: nutrisi yang memadai sangat penting untuk pertumbuhan fisik dan mental anak-anak. 3) meningkatkan kualitas hidup: dengan mengurangi risiko penyakit yang terkait dengan kekurangan gizi. Berdasarkan statistik dari Badan Keamanan Pangan Kabupaten Deli Serdang, konsumsi kacang kedelai meningkat

pada tahun 2021 dan 2022, dengan konsumsi makanan kedelai meningkat menjadi 15,5% dari total konsumsi pada 5,9 g/kap/hari. Ini adalah alasan utama mengapa masyarakat umum hanya mengkonsumsi kacang kedelai sebagai salah satu bahan utama. Tempe juga merupakan bahan baku yang umum dan mudah dibuat untuk sintesis serbet di Kabupaten Deli Serdang.

Kabupaten Deli Serdang adalah salah satu distrik terbesar di Provinsi Sumatra Utara, tinggal seperempat dari total jumlah bayi di provinsi tersebut. Sebuah survei awal di distrik itu mengungkapkan bahwa dari 36 anak kecil yang setuju untuk memiliki tingkat hemoglobin mereka diperiksa menggunakan Hb meter digital, 55,6% (20 anak) memiliki tingkat Hb di bawah 11 g / dL. Selain itu, data tentang kerentanan makanan keluarga diperoleh dari 314 keluarga, menunjukkan bahwa 61,8% (194 keluarga) khawatir tidak memiliki cukup makanan untuk dimakan, 27,7% (87 keluarga) mengalami konsumsi makanan yang tidak memadai, dan 10,5% (33 keluarga) tidak dapat makan makanan sehat dan bergizi. Dengan memperhatikan masalah ini, memperkuat tempeh dengan besi, seng, dan vitamin C adalah solusi strategis untuk mengatasi kekurangan mikronutrien dan meningkatkan kesehatan masyarakat di Deli Serdang. Pendekatan ini juga menggunakan tempe sebagai makanan yang akrab dan populer di Deli Serdang, sehingga memiliki potensi besar untuk diterima dan digunakan secara luas.

KAJIAN PUSTAKA

Tempe memiliki umur simpan yang pendek, hanya bertahan hingga dua hari pada suhu kamar, sehingga tidak praktis untuk penyimpanan

rumah tangga (Ayuningtyas dkk., 2018). Untuk mengatasi masalah ini, tempe diolah menjadi tiga generasi produk (Astawan dkk., 2017). Generasi pertama (G-1) mencakup produk berbasis tempe asli yang dapat dikenali dari penampilan dan rasanya, seperti keripik tempe dan tempe goreng. Generasi kedua (G-2) melibatkan pengolahan tempe menjadi tepung sebelum produksi lebih lanjut, menghasilkan barang-barang seperti kue, bubur bayi, dan sosis berbahan dasar tempe. Generasi ketiga (G-3) mengekstrak senyawa peningkat kesehatan dari tempe untuk digunakan dalam suplemen. Selain itu, membentengi tempe dengan nutrisi lain termasuk dalam kategori G-3.

Fortifikasi zat besi lebih menantang daripada fortifikasi vitamin A dan yodium karena sifat kimia zat besi yang beragam, membutuhkan penyesuaian dengan makanan yang akan diperkaya. Pemilihan zat besi sebagai fortificant melibatkan beberapa kriteria, termasuk keamanan, keterjangkauan, stabilitas kimia, ketersediaan hayati, reaksi terhadap senyawa lain, dan efektivitas dalam meningkatkan kadar hemoglobin. Empat jenis senyawa besi yang digunakan untuk fortifikasi adalah besi sulfat, besi fumarat, besi laktat, dan unsur besi, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya sendiri (Yuniastuti, 2014). Meskipun besi sulfat tidak mahal dan memiliki nilai biologis yang tinggi, penyerapannya terhalang oleh fitat dan tanin, dan mudah berubah warna, mempengaruhi rasa.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat kandungan nutrisi zat besi, seng dan vitamin c pada tempe yang tidak difortifikasi dan tempe yang difortifikasi Rumusan pertanyaan dalam penelitian ini apakah ada perbedaan nilai za gizi

tempe yang difortifikasi dengan tempe yang tidak difortifikasi.

Penelitian ini dilakukan dari Januari-Juni 2024.

Pengujian empat nutrisi tempeh diulang dua kali. Empat tempeh akan dianalisis untuk nutrisi di Laboratorium Chem-Mix Pratama, Yogyakarta.

Berikut adalah komposisi tempeh yang diperkuat:

METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini eksperimental dan menggunakan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor. Faktor ini adalah jumlah besi diperkaya, seng, dan vitamin C.

Tabel 1. Komposisi Perbandingan Kedelai, Ragi dan Fortifikasi dalam Pembuatan Tempe Kedelai

| Tempe | Perbandingan komposisi |
|---|--|
| Tempe tidak difortifikasi | Kacang kedelai : ragi 500 gr : 1 gr |
| Tempe fortifikasi Fe | Kacang kedelai : ragi : Fe 500 gr : 1 gr : 100 mg |
| Tempe fortifikasi Zn | Kacang kedelai : ragi : Zn 500 gr : 1 gr : 20 mg |
| Tempe fortifikasi Fe, Zn, dan Vitamin C | Kacang kedelai : ragi : Fe : Zn : vit C 500 gr : 1 gr : 100 mg : 20 mg : 300 mg |

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa kandungan lemak tertinggi pada tempe yang tidak diperkaya dan terendah pada tempe yang diperkaya seng. Kandungan karbohidrat tertinggi dalam tempe yang diperkaya zin dan terendah

pada tempe yang tidak diperkaya. Kandungan protein tertinggi dalam zat besi, seng dan vitamin c yang diperkaya tempe sedangkan renda tertinggi dalam tempe yang diperkaya zat besi.

Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Kadar Air, Abu, dan Natrium Fitrat dalam Tempe

| | | Tidak difortifikasi | Fortifikasi Fe | Fortifikasi Zn | Fortifikasi Fe, Zn, & Vitamin C |
|----------------|-----------|---------------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| Air (%) | Ulangan 1 | 1,32 | 0,71 | 0,98 | 0,98 |
| | Ulangan 2 | 1,32 | 0,70 | 0,97 | 0,90 |
| | Rerata | 1,32 | 0,71 | 0,98 | 0,94 |
| Abu (%) | Ulangan 1 | 1,42 | 1,40 | 1,71 | 1,34 |
| | Ulangan 2 | 1,45 | 1,24 | 1,33 | 1,41 |
| | Rerata | 1,43 | 1,32 | 1,52 | 1,38 |
| Asam fitat (%) | Ulangan 1 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,04 |
| | Ulangan 2 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,04 |
| | Rerata | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,04 |

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa kadar vitamin c tertinggi pada temperate temperate dengan zat besi, seng, dan vitamin c sedangkan yang terendah pada tempe yang tidak difortifikasi. Kadar zat besi tertinggi pada tempe yang

diperkaya dengan zat besi, seng, dan vitamin c sementara terendah pada tempe yang tidak diperkaya. Kadar seng tertinggi dalam tempe yang diperkaya besi dan terendah pada tempe yang tidak diperkaya.

Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Kadar Zat Besi, Seng, dan Vitamin C dalam Tempe

| | | Tidak difortifikasi | Fortifikasi Fe | Fortifikasi Zn | Fortifikasi Fe, Zn, & Vitamin C |
|---------------------|-----------|---------------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| Vitamin C (mg/100g) | Ulangan 1 | 38,17 | 40,37 | 45,22 | 55,80 |
| | Ulangan 2 | 34,35 | 44,40 | 48,99 | 52,08 |
| | Rerata | 36,26 | 42,38 | 47,10 | 53,94 |
| Fe (mg/100g) | Ulangan 1 | 7,86 | 8,36 | 16,24 | 18,68 |
| | Ulangan 2 | 8,07 | 8,46 | 16,54 | 18,47 |
| | Rerata | 7,96 | 8,41 | 16,39 | 18,57 |
| Zink (ppm) | Ulangan 1 | 1,50 | 2,11 | 6,03 | 6,91 |
| | Ulangan 2 | 1,51 | 20,50 | 6,10 | 7,22 |
| | Rerata | 1,51 | 11,31 | 6,06 | 7,06 |

PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa kadar air pada tempe yang tidak difortifikasi dan diperkaya telah memenuhi standar mutu tempe berdasarkan SNI 3144:2015. Batas maksimum kadar air dalam tempe adalah 6,5% (BSN, 2015). Kadar air yang tepat sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan dan memastikan bahwa tekstur dan rasa tempe tetap baik (Winanti dkk., 2014). Penambahan zat besi (Fe), seng (Zn), dan vitamin C dapat mempengaruhi kadar air tempe, baik secara langsung maupun tidak langsung. Namun, proses produksi tempe yang diperkaya harus diatur sedemikian rupa sehingga kadar air tetap dalam batas sesuai dengan standar.

Kadar air paling banyak dalam tempe yang tidak dibentengi dan paling sedikit dalam tempe yang

diperkaya besi. Tempe tanpa fortifikasi cenderung memiliki kadar air tertinggi karena fermentasi alami tanpa bahan tambahan yang dapat menyerap air atau mempengaruhi kadar air (Laksono & Rosalina, 2019). Tempe yang diperkaya dengan zat besi cenderung memiliki kadar air yang paling rendah, kemungkinan karena sifat zat besi yang tidak mempengaruhi kadar air secara signifikan, atau proses fortifikasi yang mengontrol kadar air dengan lebih baik (Abu-Salem & Abou-Arab, 2011).

Kandungan debu tertinggi pada tempe yang diperkaya seng dan terendah pada tempe yang diperkaya besi. Berdasarkan penelitian, tempe yang diperkaya dengan seng memiliki kandungan debu tertinggi, kemungkinan karena proses penambahan seng menghasilkan lebih banyak partikel

atau debu dibandingkan dengan fortifikasi dengan zat lain (Tsang dkk., 2021). Di sisi lain, tempe yang diperkaya dengan besi memiliki kandungan debu paling rendah, menunjukkan bahwa proses penambahan besi mungkin lebih bersih dan menghasilkan lebih sedikit partikel debu dibandingkan dengan fortifikasi seng (Sudargo dkk., 2013).

Jumlah fitrat paling sedikit ditemukan dalam tempe yang diperkaya zat besi dan zat besi, seng dan tempe yang diperkaya. Fortifikasi dengan zat besi mengurangi kandungan fitat, membuatnya kurang tersedia untuk penyerapan (Hurrell, 2021). Selain itu, fortifikasi dengan zat besi dan seng juga menyebabkan kadar fitat yang lebih rendah, menunjukkan desain potensial untuk mengoptimalkan penyerapan mineral (Frontela dkk., 2011).

Berdasarkan Tabel 3, kadar lemak dan protein pada tempe unfortified dan fortified sesuai dengan SNI 3144:2015. Kandungan protein minimum adalah 16% dan kandungan lemak minimum adalah 10%. Tempe yang tidak diperkaya memiliki kadar protein dan lemak yang tinggi secara alami yang memenuhi standar nasional. Membentengi tempe dengan zat besi, seng, dan vitamin C tidak secara signifikan mengubah kadar protein dan lemaknya, karena tempe yang diperkaya masih memenuhi standar minimum untuk kandungan protein dan lemak menurut standar nasional (Ahn-an-Winarno dkk., 2021).

Kadar vitamin C terendah pada tempe yang tidak diperkaya dan terbesar pada temperamen sedang dengan zat besi, seng, dan vitamin C. Tempe yang diperkaya termasuk zat besi, seng, dan vitamin C memiliki kadar zat besi terbesar, sedangkan tempe yang tidak

diperkaya memiliki kadar terendah. Dalam tempe yang diperkaya dengan zat besi, kadar seng adalah yang tertinggi, sedangkan pada tempe yang tidak difortifikasi, kadar seng adalah yang terendah.

Tempe yang diperkaya dengan seng, vitamin C, dan zat besi memiliki kandungan vitamin C yang sangat tinggi. Fortifikasi ini dilakukan untuk meningkatkan kandungan vitamin C secara signifikan, yang penting untuk pengobatan besi zat dan sebagai anti-oksidan. Pada dasarnya, karena kedelai bukan sumber vitamin C, tempe tidak mengandung vitamin C dalam jumlah yang signifikan.

Konsentrasi vitamin C terbesar ditemukan pada tempe yang telah dilengkapi dengan zat besi, seng, dan vitamin C. Tujuan dari fortifikasi ini adalah untuk secara dramatis meningkatkan jumlah vitamin C, yang diperlukan untuk aktivitas antioksidan dan penyerapan zat besi (W. Basrowi & Dilantika, 2021). Kadar vitamin C terendah dalam tempe yang tidak diperkaya. Karena kedelai bukan sumber vitamin C, tempe secara alami kekurangan kadar vitamin ini yang besar (Rizzo, 2024).

Tingkat vitamin c tertinggi pada temperat yang ditempa dengan zat besi, seng, dan vitamin c sedangkan yang terendah pada tempe yang tidak difortifikasi. Hal ini dikarenakan proses fermentasi dan penambahan nutrisi tersebut meningkatkan kandungan vitamin C tempe. Di sisi lain, tingkat vitamin C terendah ditemukan dalam tempe yang tidak diperkaya, yang tidak memiliki nutrisi tambahan dan mungkin telah mengalami proses fermentasi yang berbeda. Tempe tidak dianggap sebagai sumber utama vitamin C (Pinasti dkk., 2020). Proses fermentasi yang dialami kedelai untuk membuat tempe dapat menurunkan kadar vitamin C

dibandingkan dengan sayuran atau buah-buahan segar (Sharma dkk., 2020). Namun, meski tidak tinggi, tempe tetap mengandung sedikit vitamin C yang berfungsi sebagai antioksidan dalam tubuh. Vitamin C memainkan peran penting dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan membantu penyerapan zat besi dari makanan nabati (Evangelista & Surya, 2024).

Kadar zat besi tertinggi pada tempe yang diperkaya dengan zat besi, seng, dan vitamin c sementara terendah pada tempe yang tidak diperkaya. Proses fortifikasi melibatkan penambahan zat besi ke tempe, yang meningkatkan kandungan zat besinya. Sebaliknya, kadar zat besi terendah ditemukan dalam tempe yang tidak difortifikasi, yang mungkin tidak mengalami proses fortifikasi yang sama. Tempe adalah sumber zat besi yang baik. Dalam setiap 100 gram tempe, ada sekitar 2,4 mg zat besi (Romulo & Surya, 2021). Zat besi dalam tempe adalah jenis non-heme, yang berarti tidak diserap seefisien zat besi heme yang ditemukan dalam produk hewani (Piskin dkk., 2022). Namun, keberadaan vitamin C dalam makanan yang dikonsumsi bersama dengan tempe dapat meningkatkan penyerapan zat besi non-heme ini. Oleh karena itu, mengonsumsi tempe bersama dengan sumber vitamin C seperti sayuran hijau atau buah-buahan dapat membantu meningkatkan kadar zat besi dalam tubuh (Astuti dkk., 2023).

Kadar seng tertinggi dalam tempe yang diperkaya besi dan terendah pada tempe yang tidak diperkaya. Proses fortifikasi yang menambahkan zat besi ke tempe juga menambah seng, meningkatkan kandungan sengnya. Di sisi lain, kadar seng terendah ditemukan dalam tempe yang tidak diperkaya, yang tidak memiliki seng tambahan. Proses fortifikasi pada tempe tidak

hanya meningkatkan kandungan zat besi tetapi juga meningkatkan kadar seng (Setiawan, 2016). Seng adalah mineral penting lainnya yang ditemukan dalam tempe. Meskipun kandungan seng dalam tempe tidak setinggi daging merah atau makanan laut, tempe tetap menyediakan jumlah seng yang cukup untuk mendukung kesehatan tubuh (Neufingerl & Eilander, 2021). Dalam setiap 100 gram tempe, ada sekitar 0,9 mg seng (Kusuma dkk., 2022). Seng memainkan peran penting dalam fungsi sistem kekebalan tubuh, penyembuhan luka, dan sintesis protein (Lin dkk., 2017).

KESIMPULAN

Studi ini mengungkapkan bahwa tempe yang tidak diperkaya memiliki kadar air tertinggi, kadar debu tertinggi, dan kandungan lemak tertinggi. Tempe yang diperkaya zat besi memiliki kelembaban paling sedikit, kandungan fitat tertinggi, dan kandungan protein terendah. Tempe yang diperkaya seng memiliki kandungan debu tertinggi, sedangkan tempe yang diperkaya besi memiliki yang terendah. Tempe yang diperkaya zat besi, seng, dan vitamin C memiliki kandungan protein dan kadar vitamin C tertinggi. Kadar zat besi dan seng tertinggi dalam tempe yang diperkaya dengan nutrisi ini. Berdasarkan hasil tersebut, terbukti bahwa kandungan gizi tempe dapat dipengaruhi secara signifikan oleh fortifikasi dengan zat besi, seng, dan vitamin C.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah pemberian tempe yang difortifikasi zat besi, vitamin C dan seng kepada balita anemia. Hal ini untuk membuktikan bahwa pemberian tempe fortifikasi dapat meningkatkan hb.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Salem, F. M., & Abou-Arab, E. A. (2011). Physico-chemical properties of tempeh produced from chickpea seeds. *Journal of American Science*, 7(7).
- Ahnan-Winarno, A. D., Cordeiro, L., Winarno, F. G., Gibbons, J., & Xiao, H. (2021). Tempeh: A semicentennial review on its health benefits, fermentation, safety, processing, sustainability, and affordability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1717-1767. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12710>
- Amin, F. (2021). Fortifikasi dan Ketersediaan Zat Besi pada Pangan Berbasis Kedelai Menggunakan Fortifikan Biji Wijen. *Jurnal Kartika Kimia*, 4(2), 8. <https://doi.org/10.26874/jkk.v4i2.91>
- Astawan, M., Wresdiyati, T., & Maknun, L. (2017). *Tempe: Sumber Zat Gizi dan Komponen Bioaktif untuk Kesehatan*. IPB Pess.
- Astuti, T., Sitompul, M., & Faadhilanisyah, A. (2023). Tempeh consumption patterns in Indonesian family and contribution nutritional adequacy. *Action: Aceh Nutrition Journal*, 8(4), 518. <https://doi.org/10.30867/action.v8i4.1006>
- Ayuningtyas, A., Simbolon, D., & Rizal, A. (2018). Asupan Zat Gizi Makro dan Mikro terhadap Kejadian Stunting pada Balita. *Jurnal Kesehatan*, 9(3), 445. <https://doi.org/10.26630/jk.v9i3.960>
- BSN. (2015). *SNI 3144:2015 tentang tempe kedelai*. Badan Standarisasi Nasional.
- Evangelista, P., & Surya, R. (2024). Nutritional Profile, Antioxidant Activities and Organoleptic Properties of Tempeh Fermented with Additional Butterfly Pea Flower Petals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(1), 012118. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012118>
- Frontela, C., Ros, G., & Martínez, C. (2011). Phytic acid content and "in vitro" iron, calcium and zinc bioavailability in bakery products: The effect of processing. *Journal of Cereal Science*, 54(1), 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.02.015>
- Fujiana, F., Pondaag, V. T., Afra, A., Evy, F., & Fadly, D. (2021). Potensi Pangan Fermentasi Tempe Dalam Mengatasi Kejadian Stunting di Indonesia. *Poltekita: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 15(2), 20-26. <https://doi.org/10.33860/jik.v15i2.481>
- Helmiyati, S., Sudargo, T., Kandarina, I., Yuliati, E., Puspitaningrum, V. A. D., & Juffrie, M. (2016). Tempeh extract fortified with iron and synbiotic as a strategy against anemia. *International Food Research Journal*, 23(5), 2296-2299.
- Hurrell, R. F. (2021). Iron Fortification Practices and Implications for Iron Addition to Salt. *The Journal of Nutrition*, 151, 35-145. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa175>
- Kristiningrum, E., & Susanto, D. A. (2016). Kemampuan Produsen Tempe Kedelai dalam Menerapkan SNI 3144:2009. *Jurnal Standardisasi*, 17(2),

99.
<https://doi.org/10.31153/js.v17i2.309>
- Kusuma, H. S., Febrianti, D., Rosidi, A., & Ulvie, Y. N. S. (2022). The effect of tempeh flour on LDL (low-density lipoprotein)-level lowering in rats fed a high-fat diet. *Food Research*, 6(6), 244-248. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(6\).780](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(6).780)
- Laksono, A. S., & Rosalina, Y. (2019). Karakteristik mutu tempe kedelai lokal varietas anjasmoro dengan variasi lama perebusan dan penggunaan jenis pengemas. *Jurnal Agroindustr*, 9(1).
- Lin, P.-H., Sermersheim, M., Li, H., Lee, P. H. U., Steinberg, S. M., & Ma, J. (2017). Zinc in Wound Healing Modulation. *Nutrients*, 10(1), 16. <https://doi.org/10.3390/nu1010016>
- Neufingerl, N., & Eilander, A. (2021). Nutrient Intake and Status in Adults Consuming Plant-Based Diets Compared to Meat-Eaters: A Systematic Review. *Nutrients*, 14(1), 29. <https://doi.org/10.3390/nu14010029>
- Pinasti, L., Nugraheni, Z., & Wiboworini, B. (2020). Potensi tempe sebagai pangan fungsional dalam meningkatkan kadar hemoglobin remaja penderita anemia. *Action: Aceh Nutrition Journal*, 5(1), 19. <https://doi.org/10.30867/action.v5i1.192>
- Piskin, E., Cianciosi, D., Gulec, S., Tomas, M., & Capanoglu, E. (2022). Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods. *ACS Omega*, 7(24), 20441-20456. <https://doi.org/10.1021/acso mega.2c01833>
- Rizzo, G. (2024). Soy-Based Tempeh as a Functional Food: Evidence for Human Health and Future Perspective. *Frontiers in Bioscience-Elite*, 16(1), 3. <https://doi.org/10.31083/j.fb e1601003>
- Romulo, A., & Surya, R. (2021). Tempe: A traditional fermented food of Indonesia and its health benefits. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 26, 100413. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100413>
- Setiawan, B. (2016). *The effect of fermented soybean (tempeh) supplementation among active pulmonary tuberculosis patients with standard therapy in Indonesia* [Dissertation]. Faculty of Agricultural, Nutritional Sciences and Environmental Management, Justus-Liebig-University Giessen.
- Sharma, R., Garg, P., Kumar, P., Bhatia, S. K., & Kulshrestha, S. (2020). Microbial Fermentation and Its Role in Quality Improvement of Fermented Foods. *Fermentation*, 6(4), 106. <https://doi.org/10.3390/fermentation6040106>
- Sudargo, T., Nisa, F. Z., Helmiyati, S., Kusuma, R. J., Arjuna, T., & Septiana, R. D. (2013). Tempeh with Iron Fortification to Overcome Iron Deficiency Anemia. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(9), 815-820. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.815.820>
- Teoh, S. Q., Chin, N. L., Chong, C. W., Ripen, A. M., How, S., & Lim, J. J. L. (2024). A review on health benefits and processing of tempeh with outlines on its functional microbes. *Future Foods*, 9,

100330.
<https://doi.org/10.1016/j.fuf.2024.100330>
- Tsang, B. L., Holsted, E., McDonald, C. M., Brown, K. H., Black, R., Mbuya, M. N. N., Grant, F., Rowe, L. A., & Manger, M. S. (2021). Effects of Foods Fortified with Zinc, Alone or Cofortified with Multiple Micronutrients, on Health and Functional Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*, 12(5), 1821-1837. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab065>
- W. Basrowi, R., & Dilantika, C. (2021). Optimizing iron adequacy and absorption to prevent iron deficiency anemia: The role of combination of fortified iron and vitamin C. *World Nutrition Journal*, 5(S1), 33-39. <https://doi.org/10.25220/WN.J.V05.S1.0005>
- Winanti, R., Bintari, S. H., & Mustikaningtyas, D. (2014). *Studi observasi higienitas produk tempe berdasarkan perbedaan metode inokulasi*. Yuniastuti, A. (2014). *Nutrisi mikromineral dan kesehatan*. Unner Press.