

## Fortifikasi dan Ketersediaan Zat Besi pada Pangan Berbasis Kedelai Menggunakan Fortifikan Biji Wijen

### *Iron Fortification and Bioavailability of Soybean Basis with Sesame Seed*

Fauzan Amin\*, Micha Mahardika, Boima Situmeang, Agus Malik Ibrahim,  
Uvi Dwiyana, Umar Fauzi  
Program Studi Kimia Sekolah Tinggi Analisis Kimia Cilegon

\*E-mail: [khotibkhottob@gmail.com](mailto:khotibkhottob@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v4i2.91>

Received: 24 Nov 2021, Revised: 30 Nov 2021, Accepted: 30 Nov 2021, Online: 30 Nov 2021

#### Abstrak

Anemia merupakan salah satu masalah gizi paling umum di negara berkembang, termasuk Indonesia. Kekurangan zat besi dapat menimbulkan gangguan atau hambatan pertumbuhan pada sel tubuh maupun sel otak. Fortifikasi makanan merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan di antara berbagai solusi perbaikan gizi. Salah satu alternatif bahan pangan yang dapat difortifikasi adalah bahan pangan berbasis kedelai seperti tahu dan susu kedelai. Biji wijen merupakan biji-bijian yang belum banyak diolah menjadi fortifikan. Penentuan ketersediaan Fe secara *in vitro* pada tahu dan susu kedelai terfortifikasi biji wijen ditentukan dengan kelarutan Fe pada kondisi fisiologikalnya menggunakan enzim pepsin pankreatin dan ekstrak bile. Kadar Fe tertinggi pada tahu mentah, olahan rebus, dan goreng terfortifikasi terjadi pada penambahan fortifikan sebesar 20, 40, dan 50% dengan ketersediaan Fe 0,2456; 1,9206; dan 0,3384 mg. Susu kedelai terfortifikasi mengandung kadar Fe tertinggi terdapat pada sampel E (60 g kedelai dan 40 g biji wijen) sebesar 0,4967 mg.

**Kata kunci:** anemia, biji wijen, fortifikasi

#### Abstract

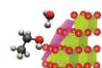
*Anemia is one of the most common nutritional problems in developing countries, including Indonesia. Iron deficiency can cause interference or inhibition to growth, both body cells and brain cells. Food fortification is one of the efforts that can be done among various nutritional improvement solutions. One alternative food ingredient that can be fortified is soy-based food like tofu and soy milk. Sesame seeds are one of the grains that have not been much processed into fortification. Availability of Fe in fortified tofu and soymilk was determined by the solubility of Fe in its physiological conditions using pancreatin enzyme pepsin and bile extract. The highest Fe content in the fortified sample for raw, boiled, fried tofu respectively is 0,2456; 1,9206; and 0,3384 mg with 20, 40, 50 % addition of fortificant. The highest levels of Fe for soy milk was in sample E (60 g soybeans and 40 g sesame seeds) with the Fe availability is 0,4967 mg.*

**Keywords:** anemia, fortification, sesame seeds

#### 1 Pendahuluan

Anemia merupakan penurunan kadar hemoglobin di bawah normal akibat dari gangguan metabolisme zat besi yang terdiri dari penyerapan, pengangkutan, penyimpanan, pemanfaatan dan pengeluaran. Penyebab utama terjadinya anemia yaitu kekurangan zat besi (Fe),

asupan yang tidak baik, hilangnya sel darah merah karena trauma, infeksi, perdarahan kronis, menstruasi, dan penurunan atau kelainan pembentukan sel [1]. Salah satu upaya yang dapat ditempuh untuk mengatasi dan mencegah kekurangan zat besi yaitu perbaikan makanan dan fortifikasi pangan.



Fortifikasi pangan merupakan strategi yang paling tepat dalam menangani masalah kekurangan zat besi dalam jangka panjang. Pangan berasal dari kedelai, seperti tahu dan susu kedelai merupakan bahan pangan yang paling cocok digunakan karena biasa dikonsumsi untuk semua lapisan, terutama menengah ke bawah. Fortifikan yang umum digunakan adalah besi EDTA, glisinat, fumarat, dan suksinat. Besi EDTA merupakan fortifikan yang lebih baik dari besi glisinat, fumarat, dan suksinat yang memiliki kadar Fe tertinggi pada sampel tahu sebesar 1,5313 mg dan susu kedelai sebesar 7,5846 mg [2]. Penggunaan besi EDTA sebagai fortifikan zat besi pada pangan berbasis kedelai memiliki efektivitas fortifikasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan fortifikan Fero Fumarat untuk sampel tempe, tahu dan susu kedelai berturut-turut sebesar 98,19%, 65,08% dan 66,27 % [3].

Besi EDTA aman digunakan, namun harganya cukup mahal, termasuk bahan kimia sintesis, dan sangat tidak populer di kalangan masyarakat sehingga bisa menimbulkan keraguan dalam penerapannya. Oleh karena itu diperlukan fortifikan alami yang cukup terjangkau dan mudah didapat. Salah satu fortifikan alami yang kaya akan kandungan zat besinya adalah biji wijen. Menurut USDA (Kementerian Pertanian Amerika Serikat) pada tahun 2019 [4], biji wijen mengandung zat besi sebesar 14,55 mg/100 gram yang lebih tinggi dari daging merah, tiram, hati, bayam, dan kentang serta telah digunakan sebagai fortifikan pada cake kue tahu [5].

Tepung wijen juga telah digunakan sebagai fortifikan untuk meningkatkan kandungan mineral pada biskuit dan roti [6]. Oleh karena itu biji wijen sangat potensial dijadikan fortifikan alami pada tahu olahan rumah dan susu kedelai serta perlu dilakukan penelitian untuk menguji ketersediaan zat besi secara *in vitro* pada tahu dan susu kedelai terfortifikasi biji wijen. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah menghasilkan tahu dan susu kedelai yang kaya akan zat besi

## 2 Metode Penelitian

Tepung wijen dibuat dari biji wijen dengan karakteristik berwarna kuning keputihan. Biji wijen kemudian dikeringkan pada suhu 55-60°C selama 2-3 jam. Kemudian, biji wijen dihancurkan dengan blender untuk mendapatkan tepung. Sampel pangan berbasis kedelai yang digunakan adalah tahu dan susu kedelai. Fortifikasi kedua sampel tersebut mengikuti metode yang

digunakan oleh Trihartiani [7] dengan penambahan fortifikan biji wijen dengan tingkat substitusi 0, 10, 20, 25, 30, 40, dan 50 %.

Penentuan ketersediaan Fe secara *in vitro* ditentukan dengan kelarutan Fe pada kondisi fisiologikalnya menggunakan enzim pepsin pankreatin dan ekstrak bile menurut metode yang dijelaskan oleh Svanberg [8] dan sedikit modifikasi seperti dalam Matuschek [9] jumlah kelarutan besi dalam filtrat dinyatakan sebagai persentase dari jumlah total besi dalam sampel menggunakan AAS (spektroskopi serapan atom).

## 3 Hasil dan Diskusi

### 3.1 Ketersediaan Zat Besi Secara *In Vitro* pada Tahu

Metode *in vitro* merupakan simulasi sistem pencernaan tubuh dan proses penyerapan zat besi dari kompleksnya bahan pangan. Metode *in vitro* digunakan karena lebih mudah dan murah dalam menganalisa ketersediaan zat besi dalam bahan pangan. Metode *in vitro* memungkinkan pengontrolan kondisi secara tepat selama pengujian [10].

Pepsin HCl merupakan simulasi pada getah lambung atau cairan dalam lambung. Kondisi asam dibuat karena dalam lambung manusia memiliki kondisi asam. Hal tersebut dikarenakan adanya sekresi asam lambung oleh sel-sel mukosa lambung. Asam lambung akan membuat pH dalam lumen sekitar 2-2,5 yang merupakan pH optimum untuk aktivitas enzim pepsin yang digunakan untuk mengkatalis hidrolisis sebagai protein pada sampel. Kondisi asam lambung juga diperlukan untuk mengubah pepsinogen yang belum aktif menjadi pepsinogen yang aktif.

*Shaking water bath* merupakan simulasi gerak peristaltik lambung pada sampel yang berfungsi menghomogenkan bahan makanan dengan getah lambung. Adapun pankreatin bile adalah simulasi yang menyerupai getah yang dikeluarkan oleh kelenjar pankreas. Cairan ini mengandung  $\text{NaHCO}_3$  yang dapat menetralkan cairan dalam lambung yang dapat berfungsi sebagai pemecah ikatan protein pada sampel

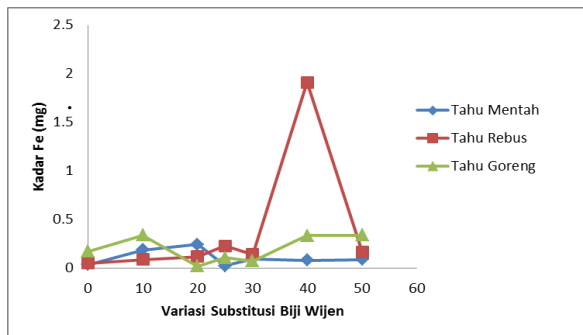
Analisis total kadar zat besi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). AAS adalah salah satu jenis analisa spektrometri berdasarkan serapan suatu sinar oleh suatu atom. Sinar yang tidak diserap, akan diteruskan dan diubah menjadi sinyal listrik yang terukur. Hasil analisis kadar zat besi pada tahu dengan tingkat

substitusi fortifikan berbeda disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji *in vitro* Tahu Terfortifikasi

Substitusi Fortifikan (%)	Kadar Fe (mg)		
	Mentah	Rebus	Goreng
0	0.0388	0.0516	0.1743
10	0.1897	0.0912	0.3385
20	0.2456	0.1202	0.0222
25	0.0268	0.2298	0.1096
30	0.0931	0.1443	0.0750
40	0.0816	1.9106	0.3368
50	0.0888	0.1708	0.3384

Tabel 1 menunjukkan bahwa dengan penambahan fortifikan tepung biji wijen dengan variasi yang lebih tinggi dapat menaikkan kadar Fe. Kadar Fe tertinggi yaitu 0,2456 mg diperoleh dengan variasi penambahan 20% tepung biji wijen pada tahu mentah. Hasil tersebut masih lebih rendah dari penelitian sebelumnya [2] yang menggunakan besi EDTA sebagai fortifikan. Setelah dilakukan pemasakan kadar Fe tertinggi yaitu 1,9106 mg dengan variasi penambahan 40% pada olahan tahu rebus, dan kadar Fe tertinggi pada olahan tahu goreng yaitu 0,3385 mg dengan variasi penambahan tepung wijen 10%. Secara umum, variasi penambahan fortifikan dan pengaruh perlakuan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Uji *in vitro* tahu mentah, rebus, dan tahu terfortifikasi

Gambar 1 menunjukkan bahwa perebusan dan penggorengan dapat meningkatkan ketersediaan zat besi pada sebagian besar variasi substitusi fortifikan. Hasil ini berbeda dengan penelitian [11] dan [12] yang menyebutkan bahwa perlakuan panas akan menurunkan kadar Fe karena terlarut dalam medium/cairan yang digunakan pada proses penggorengan dan perebusan. Perbedaan tersebut mungkin disebabkan karena besi banyak yang terlepas dari

matriksnya pada sampel tahu terfortifikasi sehingga meningkatkan ketersediaan zat besi. Selain itu, Air yang digunakan untuk merebus dan minyak yang digunakan untuk menggoreng mungkin saja sudah memiliki kandungan Fe yang berdampak pada peningkatan kadar Fe.

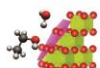
### 3.2 Ketersediaan Zat Besi Secara *In Vitro* pada Susu

Sampel susu kedelai dengan penambahan fortifikan biji wijen dibuat dengan menambahkan biji wijen pada cairan susu kedelai dan dididihkan bersama. Pengujian ketersediaan zat besi secara *in vitro* pada sampel susu kedelai dilakukan dengan penambahan fortifikan biji wijen. Fortifikan ditambahkan ke dalam susu kedelai sebesar 0; 10; 20; 30; 40; dan 50 g. Penambahan 0 g bertujuan untuk mengetahui kadar Fe yang berasal dari kedelai tanpa adanya pengaruh penambahan fortifikan biji wijen. Hasil uji ketersediaan zat besi secara *in vitro* pada sampel susu kedelai ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Uji *in vitro* Susu Terfortifikasi

Sampel	Kedelai (g)	Biji Wijen (g)	Kadar Fe (mg) Ulangan Ke-		Rata-rata (g)
			1	2	
A	100	0	0.5712	0.6033	0.5872
B	90	10	0.7602	0.9372	0.8487
C	80	20	0.6355	0.6878	0.6616
D	70	30	0.6194	0.9412	0.7803
E	60	40	0.8085	1.1946	1.0015
F	50	50	0.4907	1.0739	0.7823

Pada Tabel 2, terlihat bahwa dengan adanya penambahan fortifikan biji wijen terjadi kenaikan kadar Fe dibandingkan tanpa penambahan fortifikan (0 g). Hal tersebut membuktikan bahwa biji wijen dapat digunakan sebagai fortifikan yang dapat meningkatkan kadar Fe dan bermanfaat bagi kesehatan serta mengurangi risiko terkena penyakit akibat kekurangan zat besi. Namun dengan semakin bertambahnya jumlah fortifikan yang ditambahkan tidak menghasilkan kadar Fe yang semakin besar. Kadar Fe yang tinggi bukan disebabkan karena penambahan fortifikan yang semakin banyak, namun memiliki kondisi optimal tersendiri yang menghasilkan kadar Fe tertinggi. Rata-rata kadar Fe tertinggi terdapat pada sampel E (60 g kedelai dan 40 g biji wijen) sebesar 1,0015 mg dan rata-rata kadar Fe terendah terdapat pada sampel A (100 g kedelai dan 0 g biji wijen) sebesar 0,5872 mg. Hasil tersebut cukup jauh dari kadar yang direkomendasikan (8-15 mg) karena ada pengaruh inhibitor yang mengganggu penyerapan Fe.



Biji wijen dapat digunakan sebagai pendekatan alternatif peningkatan kadar zat besi. Sifat stabil dari biji wijen menjadi alasan biji wijen dapat digunakan sebagai fortifikan zat besi pada makanan hasil olahan kedelai khususnya susu kedelai. Bioavailabilitas zat besi fortifikan yang digunakan terhadap sampel susu kedelai dapat berjalan dengan baik dapat dilihat dari nilai Fe terekstrak yang dihasilkan melebihi Fe terekstrak yang terdapat pada kontrol tanpa penambahan fortifikan walaupun dengan hasil yang variatif

Kadar Fe yang dihasilkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan jumlah fortifikan yang ditambahkan karena beberapa faktor diantaranya penggunaan NaOH sebagai pengatur pH pada uji *in vitro* yang berpotensi membentuk endapan  $Fe(OH)_3$ .

Proses yang dilakukan merupakan simulasi pencernaan di dalam tubuh yang dilakukan secara enzimatis di luar tubuh. Reaksi enzimatis dengan metode *in vitro* pencernaan tentu tidak akan bisa disamakan persis dengan pencernaan di dalam tubuh. Pada proses pencernaan di dalam tubuh banyak yang tidak bisa disimulasikan di luar tubuh.

Metode *in vitro* menjadi satu cara untuk mengetahui bisa tidaknya suatu zat terserap dengan mensimulasikan suhu, cairan, dan enzim yang terkait sama seperti di dalam tubuh. Secara umum, besi yang terdapat dalam makanan ketika masuk ke dalam lambung akan dibebaskan menjadi ion feri dengan bantuan asam lambung (HCl). Ion feri tersebut kemudian masuk ke usus halus dan diubah menjadi ion fero karena kehadiran alkali, kemudian ion fero diabsorpsi dan sebagian disimpan sebagai senyawa feritin dan sebagian lagi masuk ke peredaran darah berikatan dengan protein yang akan digunakan kembali untuk sintesis hemoglobin [13].

#### 4 Kesimpulan

Tahu dan susu kedelai terfortifikasi biji wijen berhasil dibuat dan dapat meningkatkan ketersediaan zat besi sehingga bisa mengurangi masalah anemia di Indonesia. Biji wijen merupakan fortifikan alami yang potensial digunakan untuk pangan berbasis kedelai karena harganya yang murah, mudah didapat dan tidak menimbulkan efek samping

#### Daftar Pustaka

[1]. Lestari IP, Lipoeto NI, Almurdi A. Hubungan Konsumsi Zat Besi dengan

- Kejadian Anemia pada Murid SMP Negeri 27 Padang. J Kesehatan Andalas [Internet]. 2018;6(3):507. Available from: <http://dx.doi.org/10.25077/jka.v6.i3.p507-511.2017>
- [2]. Fauzan A, Zulys A, Bakri R. Fortifikasi Dan Ketersediaan Zat Besi Pada Bahan Pangan Berbasis Kedelai Menggunakan Besi Edta, Glisinat, Fumarat, Dan Suksinat. J ITEKIMA. 2017;1(1):95–106.
- [3]. Adriana ED, Aminingsih T, Zulya A. Efektifitas Fortifikasi Zat Besi NaFeEDTA dan Fero Fumarat pada Pangan Berbasis Kedelai Melalui Uji Bioavailabilitas Secara *In Vitro*. J Chem Inf Model. 2019;53(9):1689–99.
- [4]. U.S Department of Agriculture. Seeds, sesame seeds, whole, dried [Internet]. Food Data Central. 2019 [cited 2019 Aug 12]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170150/nutrients>
- [5]. Arimba Wani Y, Farina A, Sri Wahyuni E. Peningkatan Kadar Kalsium dengan Penambahan Tepung Wijen pada Cake Ampas Tahu. Indones J Hum Nutr [Internet]. 2015;2(2):101–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.ijhn.2015.002.02.5>
- [6]. El-Enzi SM, Andigani NM, Al-Tamimi NA, Gabr GA. Physico Chemical and Sensory Evaluation of the Fortified Biscuits with Sesame Cake Flour. Asian Food Sci J [Internet]. 2018;5(4):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.9734/afsj/2018/45232>
- [7]. Trihartiani E. Efektivitas Ferrous Bisglycinate Sebagai Fortifikan Zat Besi terhadap Keberadaan Polifenol pada Pangan Berbasis Kedelai. Universitas Indonesia; 2013.
- [8]. Svanberg U, Lorri W, Sandbeag A-S. Lactic Fermentation of Non-Tannin and High-Tannin Cereals: Effects on *In Vitro* Estimation of Iron Availability and Phytate Hydrolysis. J Food Sci [Internet]. 1993;58(2):408–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb04286.x>
- [9]. Matuschek E, Towo E, Svanberg U. Oxidation of Polyphenols in Phytate-Reduced High-Tannin Cereals: Effect on Different Phenolic Groups and on *In Vitro* Accessible Iron. J Agric Food Chem [Internet]. 2001;49(11):5630–8. Available

- from: <http://dx.doi.org/10.1021/jf0108157>
- [10]. Guéguen L, Pointillart A. The Bioavailability of Dietary Calcium. *J Am Coll Nutr* [Internet]. 2000;19(sup2):119S-136S. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/07315724.2000.10718083>
- [11]. Astuti R, Aminah S, Syamsianah A. Analisis Zat Gizi Tempe Fortifikasi Zat Besi Berdasarkan Pemasakan. *Lpmm Unimus*. 2012;
- [12]. Mahardika M, Amin F, Ganda Risdiyono A. Effect of Cooking on Iron Availability in Fortified Homemade Tempeh. *EKSAKTA J Sci Data Anal* [Internet]. 2020;21-7. Available from: <http://dx.doi.org/10.20885/eksakta.vol1.iss1.art4>
- [13]. Wahidayat I. *Buku Kuliah Ilmu Kesehatan Anak*. Jakarta: FK - UI; 2007.

