

POTENSI TEMPE SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL DALAM MENINGKATKAN KADAR HEMOGLOBIN REMAJA PENDERITA ANEMIA

(Potential of tempeh as a functional food in increasing hemoglobin levels in adolescent anaemia)

Ladyamayu Pinasti^{1*}, Zenny Nugraheni², Budiyantri Wiboworini³

¹Program Studi Pascasarjana Ilmu Gizi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
E-mail: ladyamayupinasti@student.uns.ac.id

²Program Studi Pascasarjana Ilmu Gizi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
E-mail: zenny@student.uns.ac.id

²Program Studi Pascasarjana Ilmu Gizi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
E-mail: bwiboworini@gmail.com

Received: 18/12/2019

Accepted: 5/2/2020

Published online: 20/5/2020

ABSTRAK

Anemia merupakan suatu keadaan jumlah sel darah merah atau kadar hemoglobin (Hb) dalam darah lebih rendah daripada nilai normal. Anemia terjadi karena beberapa faktor, diantaranya defisiensi besi, asam folat, vitamin B₁₂ dan protein. Secara langsung anemia disebabkan kurangnya produksi sel darah merah, tubuh kehilangan darah baik secara akut atau menahun, dan hancurnya sel darah merah yang terlalu cepat. Salah satu pencegahan anemia dengan pemberian bahan pangan fungsional yang dikembangkan yaitu tempe yang mempunyai mutu dan nilai gizi tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji dan menganalisis potensi tempe dalam meningkatkan kadar hemoglobin pada penderita anemia. Penelitian merupakan literature review dengan metode naratif yang mengkaji dan menganalisis hasil penelitian yang terkait dengan potensi tempe untuk meningkatkan kadar hemoglobin pada penderita anemia. Hasil kajian menunjukkan bahwa Tempe mengandung rata-rata zat besi sebanyak 2,0 mg, asam folat 0,9-2,0 mg/kg sesuai dengan inoculum yang digunakan dan vitamin B₁₂ tempe mentah 0,08 µg/100 gram dan tempe matang 0,14 µg/100 gram. Kesimpulan penelitian ini menyatakan tempe mempunyai nilai gizi zat besi, vitamin B₁₂, dan asam folat yang cukup, sehingga tempe berpotensi untuk meningkatkan kadar hemoglobin pada penderita anemia. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar penelitian lanjutan mengenai pengaruh genomik dan genetik pada manusia terhadap bioavailabilitas tempe sebagai pangan fungsional untuk remaja anemia.

Kata kunci: Anemia, asam folat, tempe, zat besi, vitamin B₁₂

ABSTRACT

Anaemia occurs due to several factors, such as deficiency of iron, folic acid, vitamin B₁₂ and protein. Anemia is directly caused by the lack of red blood cell production, the body loses blood either acutely or in a chronic manner, and the destruction of red blood cells is too fast. One of the prevention of anaemia by providing functional food that is developed is tempe which has high quality and nutritional value. The purpose of this study was to examine and analyze the potential of tempeh in increasing hemoglobin levels in patients with anaemia. This research is a literature review with a narrative method that studies and analyzes research results related to the potential of tempe to increase hemoglobin levels in patients with anaemia. The results of this study are the results of a literature review review which shows that Tempe contains an average of 2,0 mg of iron, folic acid 0,9-2,0 mg/kg according to the inoculum used and vitamin B₁₂ raw tempe 0,08 µg/100 grams and cooked tempeh 0,14 µg/100 grams. The conclusion of this study states that tempeh has adequate nutritional value of protein, iron, vitamin B₁₂, and folic acid, so that tempeh has the potential to increase hemoglobin levels in patients with anaemia. Expected, to be the basis of further research on genomics and genetic influences on human against tempe bioavailability as a functional food for adolescent anaemia.

Keywords: Anaemia, folic acid, iron, tempeh, vitamin B₁₂,

PENDAHULUAN

Salah satu masalah gizi utama di Indonesia adalah anemia. Kondisi ini terjadi karena jumlah sel darah merah bagian utama yang mengikat

*Penulis untuk korespondensi: ladyamayupinasti@student.uns.ac.id



oksigen atau kadar hemoglobin (Hb) dalam darah lebih rendah dari nilai normal. Remaja merupakan kelompok rentan yang sering mengalami masalah gizi anemia.¹ Prevalensi nasional anemia di Indonesia masih cukup tinggi yaitu 48,9%.² Pengukuran nilai normal kadar hemoglobin untuk laki-laki $\geq 13,5$ g/dL, sedangkan pada wanita ≥ 12 g/dL, jika kurang dari nilai normal ini tubuh akan mereaksi dengan timbulnya beberapa tanda langsung yang dapat diamati oleh orang lain ataupun dirasakan oleh orang tersebut berupa 5L (lemah, letih, lesu, lunglai, lemas), pusing, mata berkunang-kunang, detak jantung tidak teratur, nafas pendek, dan wajah pucat.³

Data World Health Organization (WHO) dalam *Worldwide Prevalence of Anemia* untuk anak sekolah yang mengalami anemia melaporkan bahwa jumlah penduduk dunia yang menderita anemia adalah 1,62 miliar orang dengan prevalensi pada anak sekolah dasar 25,4% dan 305 juta anak sekolah di seluruh dunia menderita anemia. Bagi anak sekolah anemia dapat berdampak pada gangguan tumbuh kembang fisik, rendahnya daya tahan terhadap penyakit, tingkat kecerdasan yang kurang dari seharusnya, prestasi belajar atau kerja dan prestasi olahraga yang rendah, menurunnya kemampuan dan konsentrasi belajar, mengganggu pertumbuhan baik sel tubuh maupun sel otak yang menyebabkan timbulnya gejala muka pucat, letih, lesu dan mudah lelah sehingga menyebabkan turunnya kebugaran dan prestasi belajar.⁴

Faktor penyebab terjadinya anemia adalah kurangnya kadar zat besi, vitamin B₁₂, Asam folat dan protein dalam tubuh. Hal ini secara langsung dapat terjadi akibat kehilangan darah yang cukup banyak yang dikarenakan kondisi akut atau menahun dan pematangan sel darah merah yang tidak sempurna di dalam tubuh sehingga produksi sel darah merah menjadi berkurang.⁵ Penelitian pada remaja putri menunjukkan bahwa anemia lebih banyak terjadi pada remaja putri dengan frekuensi konsumsi sumber zat besi yang kurang sebanyak 82,1%, dibandingkan remaja putri dengan frekuensi konsumsi makanan sumber zat besi yang cukup.⁶ Salah satu tindakan pencegahan dan penanggulangan non

farmakologi yang dapat dikembangkan untuk mencegah kejadian anemia adalah dengan fermentasi kedelai murni menjadi bahan pangan fungsional tempe sehingga meningkatkan kualitas bahan pangan menjadi lebih bermutu dan bernilai gizi yang tinggi dibandingkan dengan bahan dasarnya.⁷

Tempe merupakan pangan fungsional dengan harga terjangkau yang banyak dikonsumsi sebagai protein nabati. Proses fermentasi pada pembuatan tempe dengan menggunakan jamur *Rhizopus oligosporus* dapat meningkatkan dan mempertahankan nilai-nilai gizi yang terkandung didalamnya dan melunakkan tekstur bahan bakunya sehingga lebih mudah dikonsumsi. Tempe kedelai lebih dikenal dan disukai oleh banyak orang karena warnanya yang putih dan tekstur yang kompak sehingga lebih menarik untuk dikonsumsi.⁸ Selain tempe kedelai ada juga jenis tempe yang lainnya yang tidak terbuat dari kedelai. Bahan lain yang digunakan untuk membuat tempe selain dari kedelai yang bisa diolah menjadi tempe adalah dari jenis kacang kara, benguk, kecipir, kedelai hitam, lamtoro, kacang hijau, kacang merah, kacang gude (lebui), dan kacang komak.⁹

Tempe sangat baik dikonsumsi oleh semua kelompok usia dikarenakan senyawa yang terdapat pada tempe adalah senyawa peptida pendek, asam amino bebas, asam-asam lemak dan karbohidrat yang lebih sederhana yang mudah diserap oleh tubuh. Kapang yang tumbuh pada tempe menghasilkan enzim protease, lipase, amilase yang berperan dalam proses penguraian protein, lemak, dan karbohidrat kompleks menjadi bentuk senyawa yang lebih sederhana.¹⁰ Kandungan asam amino dalam tempe lebih tinggi 24 kali lipat dibandingkan susu kedelai. Proses fermentasi juga dapat meningkatkan asam folat dan membentuk vitamin B₁₂ dari bakteri yang tidak terdapat dalam produk nabati lainnya.⁷ Penanggulangan anemia membutuhkan asupan gizi yang adekuat untuk memenuhi kebutuhan protein, zat besi, vitamin B₁₂, dan asam folat dalam tubuh. Tempe merupakan bahan pangan fungsional pilihan dengan kandungan seluruh zat gizi yang dibutuhkan untuk menanggulangi anemia.¹¹

METODE

Penelitian ini merupakan literature review dengan metode naratif yang mengkaji dan menganalisis hasil penelitian yang terkait dengan potensi tempe untuk meningkatkan kadar hemoglobin pada remaja penderita anemia melalui pencarian literature baik nasional atau international dengan menggunakan database Science Direct, PubMed dan Google Cendikia (Google Scholar).

Tahap awal pencarian artikel jurnal dengan rentang tahun 2014-2019, diperoleh 1090 artikel menggunakan kata kunci "Tempe, zat besi, anemia", 537 artikel menggunakan kata kunci "tempe, asam folat, anemia" dan 630 artikel menggunakan kata kunci "tempe, vitamin B12, anemia". Dari jumlah tersebut hanya sekitar 50 artikel yang dianggap relevan dan dari jumlah tersebut 6 artikel memiliki kriteria penuh. Hasil penelitian dipilih dengan kriteria inklusi merupakan hasil penelitian tempe dan olahan tempe tanpa fortifikasi, hasil penelitian menunjukkan bahwa tempe signifikan terhadap peningkatan kadar hemoglobin.

Analisis yang digunakan dalam penelitian terpilih secara kualitatif dan kuantitatif. Metode penelitian yang digunakan meliputi deskriptif dan eksperimen yang dilakukan pada hewan coba dan manusia dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa proses fermentasi pada tempe sebagai protein nabati dapat meningkatkan kandungan gizi yang bersifat fungsional untuk meningkatkan kadar haemoglobin pada remaja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kajian terhadap penanggulangan anemia melalui penelitian tempe dan olahan serta fungsional nilai gizi zat besi, asam folat serta vitamin B12, maka ditemukan sebanyak 6 literatur yang sangat relevan untuk ditelaah. Hasil penelitian dipilih dengan kriteria inklusi merupakan hasil penelitian tempe dan olahan tempe tanpa fortifikasi, hasil penelitian menunjukkan bahwa tempe signifikan terhadap peningkatan kadar hemoglobin Hasil tersebut dirangkum dalam tabel 1.

Pemberian gizi yang tepat akan sangat membantu perbaikan dan pencegahan anemia. Tempe merupakan pangan fungsional yang mempunyai potensi untuk mengatasi penanggulangan anemia. Tempe mengandung zat gizi yaitu zat besi, asam folat, vitamin B₁₂ yang mampu meningkatkan kadar hemoglobin.

1. Zat Besi

Tempe merupakan sumber protein nabati yang mengandung zat besi dalam bentuk non heme. Proses fermentasi pada tempe oleh aktivitas enzim yang dihasilkan oleh jamur *rhizopus oligosporus* mampu meningkatkan kelarutan zat besi yaitu dari 24,3% pada kedelai mentah menjadi 40,5% pada tempe.⁷ Berdasarkan hasil penelitian pada remaja tempe merupakan salah satu makanan yang memberikan kontribusi asupan zat besi terbesar, yaitu 3,30 mg/hari, Rata-rata konsumsi tempe remaja mencapai 59 kali dalam sebulan dan 33 g/hari. Hal ini menunjukkan bahwa tempe merupakan makanan yang memiliki rata-rata paling banyak dikonsumsi dalam satu hari oleh para remaja. Makanan yang terbuat dari kacang kedelai ini merupakan makanan yang mudah didapat, ditambah dengan harga yang relatif murah¹². Rata-rata kadar zat besi Pada tempe tanpa fortifikasi adalah 2,0 mg.¹³

Penelitian tentang pengolahan tempe dilakukan dengan hasil yang menunjukkan Penurunan kadar zat besi secara bermakna ($p=0,041$) dipengaruhi oleh pemasakan, dimana rata-rata kadar zat besi tempe mentah sebesar 2,04 mg dan tempe matang 1,54 mg. Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas zat besi adalah sifat alami bahan pembawa, ukuran partikel, kelembaban, udara dan pemanasan. Pada tempe matang kadar zat besi setiap perlakuan bervariasi, hal ini dikarenakan faktor suhu dan lama pemasakan.¹³ Zat besi non heme banyak terkandung pada sumber pangan nabati, dan merupakan sumber zat besi terbesar masyarakat di negara berkembang, termasuk di Indonesia.¹⁴

Zat besi pada tempe berbentuk ferri (Fe^{3+}) sedangkan penyerapan dalam tubuh dalam bentuk ferro (Fe^{2+}). Peningkatan penyerapan zat besi tersebut dapat dilakukan

dengan mengkonsumsi vitamin C pada waktu yang bersamaan, karena vitamin C akan mengubah zat besi dari bentuk ferri menjadi bentuk ferro. Kadar zat besi dalam tubuh dapat mempengaruhi pembentukan kadar hemoglobin.¹⁴

Hasil penelitian yang dilakukan pada balita usia 12-18 bulan untuk melihat hasil

perbedaan pada pemberian tempe terhadap kadar serum besi anak, sebelum diberi tempe 36 gram, naik menjadi 66 gram setelah diberi tempe. Hal ini menunjukkan adanya manfaat pemberian tempe. Pemberian tempe pada anak usia 12-18 bulan saat makan selama enam bulan dapat meningkatkan kenaikan kadar hemoglobin, serum besi dan ferritin.¹⁵

Tabel 1. Komponen kadar zat besi, asam folat dan vitamin B 12 pada tempe serta pengaruh tempe terhadap kadar hemoglobin

| Produk | Komponen Gizi Mikro | Metode Penelitian | Hasil Penelitian | Referensi |
|--|-------------------------|--|---|---------------------------|
| Tempe mentah dan tempe matang | Zat Besi | <i>Atomic Absorbent Spectrofotometri</i> (Perkin-Elmer tipe 310, USA). | Hasil Analisis pada tempe tanpa fortifikasi mengandung zat besi 2,0 mg/100 gram | (Astuti et al., 2014) |
| Tempe matang | Zat besi | pemberian tempe 25 gram 3x sehari selama 6 bulan dan pemeriksaan laboratorium kadar hemoglobin, serum iron, kadar serum feritin, | Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian tempe sebanyak 25 gram dengan frekuensi 3x sehari selama 6 bulan dapat meningkatkan kadar serum besi dan feritin (p<0,05) | (Siallagan et al., 2016) |
| Tempe | Zat besi | Pemberian tempe menggunakan metode enteral dan analisis haemoglobin menggunakan <i>Diagnostic System</i> (Diasys) GmbH kit (Diasys, Germany) | Hasil analisis pemberian tempe dalam selama 17 hari pada tikus betina menunjukkan hasil yang signifikan dalam peningkatan kadar haemoglobin. | (Sudargo et al., 2013) |
| Tempe, Bubur tempe, Filtrat tempe, Konsentrat tempe, Ekstrak tempe, Bubuk bubur tempe, Bubuk konsentrat tempe, | Asam folat | Analisis asam folat menggunakan metode spektrofotometri berdasarkan reaksi diazotisasi asam paminobenzoylglutamat | Hasil analisis kandungan asam folat tempe dan hasil olahannya meliputi, a. Tempe : 268,33 µg/mL b. Bubur tempe : 834,3 µg/mL c. Filtrat tempe : 472,67 µg/mL d. Konsentrat tempe : 722,44 µg/mL e. Ekstrak : 19 µg/mL f. Bubuk bubur tempe : 761,85 µg/mL g. Bubuk konsentrat tempe : 299,66 µg/mL | (Susilowati et al., 2018) |
| Tempe | Asam Folat | Analisis asam folat dilakukan dengan menggunakan metode <i>Trienzyme-Microbiological Assay</i> | Hasil analisis kandungan asam folat pada tempe dengan inokulum <i>R. oligosporus</i> , inkubasi selama 48 jam sebesar 2,0 mg/kg. Sedangkan kandungan asam folat pada tempe dengan inokulum <i>R. oryzae</i> sebesar 0,9 mg/kg dan pada tempe dengan menggunakan inokulum <i>R. stolonifer</i> sebesar 1,1 mg/kg. | (Asmoro, 2016) |
| Tempe | Vitamin B ₁₂ | Prinsip analisis vitamin B ₁₂ menggunakan ekstraksi vitamin kobalamin dengan asam asetat dengan metode HPLC | Hasil analisis kadar vitamin B ₁₂ pada tempe menunjukkan bahwa fermentasi tempe dapat meningkatkan kadar vitamin B ₁₂ sebesar 16,56% yang bermanfaat untuk membantu pembentukan sel darah merah. | (Sine & Soetarto, 2018) |

Hasil penelitian lain menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara asupan zat besi dan kadar hemoglobin pada remaja vegan berusia 12-25 tahun. Hal ini terjadi karena zat besi merupakan komponen utama yang

memegang peranan penting dalam pembentukan darah yaitu mensintesis hemoglobin. Asupan zat besi yang kurang dari Angka Kecukupan Gizi (AKG) tidak akan langsung mempengaruhi kadar Hb karena tubuh masih memiliki cadangan

besi di hati, ditambah lagi jika disertai dengan asupan vitamin C yang cukup akan membantu penyerapan zat besi lebih optimal.¹⁶

Pembentukan hemoglobin selain dipengaruhi oleh kadar zat besi sebagai penyusun heme, juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti protein. Kadar protein pada tempe sekitar 19 g/100 g tempe basah. Tempe selain mempunyai kadar protein yang tinggi juga mudah dicerna tubuh. Hasil penelitian menunjukkan kelompok yang diberikan susu tempe dengan bahan dasar penyusun formulanya menggunakan besi dalam bentuk non heme mampu meningkatkan kadar Hemoglobin.⁷ Hasil penelitian yang dilakukan pada tikus betina dengan pemberian tempe menunjukkan bahwa pemberian tempe dalam waktu 17 hari didapatkan hasil yang signifikan dalam peningkatan kadar hemoglobin. Hasil ini mengindikasikan bahwa tempe ini sangat efektif dalam meningkatkan kadar hemoglobin dalam darah pada tikus anemia. Hal ini dilakukan karena banyaknya kejadian anemia pada wanita.¹⁷

2. Asam Folat

Asam folat banyak ditemukan pada makanan yang bersumber dari kacang-kacangan dan hasil olahannya. Berdasarkan hasil penelitian tempe merupakan salah satu sumber utama asam folat dari protein nabati.¹⁸ Aktifitas proteolitik kapang *Rhizopus Oligosporus C1* membentuk asam folat tempe dalam proses fermentasi. Protein kedelai terhidrolisis menjadi asam glutamate. Pteridin heterosiklik, paraaminobenzoat (PABA), dan asam glutamate merupakan bagian dari asam folat yang ada pada tempe.¹⁹ Proses pembuatan tempe dapat meningkatkan kadar konsentrasi asam folat lima kali lipat.²⁰ Kultur yang digunakan akan mempengaruhi hasil produk fermentasi dari sintesa asam folat yang dapat mempengaruhi peningkatan asam folat. Hasil penelitian pada proses pembuatan tempe menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur *Rhizopus spp* pada tempe dengan waktu inkubasi 36 dan 48 jam dapat meningkatkan kandungan asam folat pada tempe. Berdasarkan hasil penelitian kandungan asam folat pada tempe menunjukkan bahwa kandungan asam folat tertinggi terdapat pada

tempe yang di inkubasi selama 48 jam dengan inokulum *rhizopus oligosporus* yaitu 2,0 mg/kg dibandingkan dengan tempe dengan inokulum *rhizopus stolonifer* sebanyak 1,1 mg/kg dan *rhizopus oryzae* sebanyak 0,9 mg/kg.²¹

Hasil ini menunjukkan bahwa pada proses fermentasi tempe terjadi peningkatan kandungan asam folat. Peningkatan asam folat dimungkinkan karena aktivitas enzim yang dihasilkan oleh jamur *Rhizopus spp* dan mikroorganisme lain yang dapat menyebabkan terjadinya pelepasan komponen asam folat oleh kedelai dan adanya sintesis bakteri. Selama proses fermentasi tempe peningkatan asam folat dominan disintesis oleh beberapa bakteri yaitu *S. thermophilus*, *bifidobacteria*, dan *E. faecium*. Selama fermentasi berlangsung terjadi perubahan asam folat yang dimungkinkan terkait dengan aktivitas enzim protease karena enzim protease dapat memecah protein sehingga pembebasan komponen asam folat dari komponen protein kedelai. Kaitan yang erat antara asam folat dan aktivitas enzim protease karena asam folat merupakan asam pteroylmonoglutamat yang dapat terdiri atas residu monoglutamat atau poliglutamat.²¹

Penelitian yang menggabungkan tempe dengan bahan makanan lainnya menunjukkan bahwa pasta tempe kedelai brokoli dan tempe kedelai bayam menunjukkan konsentrasi asam folat yang lebih tinggi masing-masing sebesar 514,26 dan 514,07 µg/ml dibandingkan dengan tempe kacang hijau baik dengan kombinasi brokoli maupun bayam masing-masing sebesar 391,70 dan 347,04 µg/ml. Hal ini disebabkan oleh enzim protease *R. oligosporus* strain C1 lebih mampu mendegradasi protein kedelai dibandingkan kacang hijau. Hal ini juga terlihat pada konsentrasi protein terlarut pasta tempe kedelai yang lebih tinggi dibandingkan dengan tempe kacang hijau. Asam folat adalah derivat asam glutamate yang terhitung sebagai protein terlarut.²²

Hasil penelitian menunjukkan untuk mendapatkan kadar konsentrasi asam folat yang optimal dilakukan sistem pelumatan pada tempe dengan menambahkan air pada rasio tertentu untuk mengecilkan ukuran partikel dan memperoleh konsentrat tempe. Pengecilan ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan

gaya mekanik atau menekan untuk memudahkan ekstraksi protein sehingga diperoleh isolat protein yang dapat dikeringkan maupun sebagai konsentrat. Kandungan asam folat pada tempe dan hasil olahannya, meliputi tempe 268,33 µg/mL, bubur tempe 834,3 µg/mL, filtrat tempe 472,67 µg/mL, konsentrat tempe 722,44 µg/mL, ekstrak 19 µg/mL, bubuk bubur tempe 761,85 µg/mL dan bubuk konsentrat tempe 299,66 µg/mL. Hal ini menunjukkan bahwa tempe kedelai dan hasil olahannya dapat digunakan sebagai sumber asam folat alami.¹⁹

Penurunan konsentrasi asam folat pada produk olahan tempe seperti bubur tempe dan konsentrat tempe hasil mikrofiltrasi dipengaruhi oleh proses pengeringan total. Karakteristik produk isolat menunjukkan bahwa asam folat bubuk bubur tempe (761,85 µg/mL), lebih tinggi dibandingkan bubuk dari konsentrat hasil mikrofiltrasi (299,66 µg/mL). Perbedaan ini disebabkan oleh konsentrasi asam folat pada awal bahan (bubur dan konsentrat) dan sistem pengeringan. Proses pengeringan menurunkan asam folat pada ke dua jenis bahan. Hal ini menunjukkan bahwa Konsentrat merupakan produk tempeyang memiliki kehilangan kadar konsentrasi asam folat terkecil.¹⁹

Pematangan akhir dari sel darah merah sangat membutuhkan asam folat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa semakin banyak dan semakin lama pemberian asupan asam folat diberikan maka semakin meningkat kadar Hb. Asam folat merupakan komponen utama dalam pembentukan sel darah merah, seperti halnya produksi DNA sehingga juga diperlukan untuk perkembangan dan pertumbuhan sel. Dalam sumsum tulang diperlukan asam folat yang berperan sebagai pembentuk sel darah merah dan sel darah putih.²³

3. Vitamin B12

Vitamin B₁₂ banyak terdapat pada bahan pangan hewani. Pada pangan nabati vitamin B₁₂ hanya terdapat pada tempe. Proses fermentasi yang terjadi pada kedelai murni saat proses perendaman dan pengelupasan dari kulit yang menyebabkan tempe kaya akan vitamin B₁₂ zat gizi yang tidak dimiliki oleh pangan nabati lainnya. Kenaikan kadar vitamin B₁₂ paling

mencolok pada pembuatan tempe. Kadar vitamin B₁₂ dalam tempe kering rata-rata antara 1,5µg - 6,3µg/100g sesuai dengan kebutuhan per hari pada manusia. Kandungan vitamin B₁₂ pada tempe mentah adalah 0,08 µg/100 gram dan 0,14 µg/100 gram pada tempe matang.²⁴

Pada proses fermentasi tempe vitamin B₁₂ diproduksi oleh beberapa bakteri seperti *Pseudomonas*, *Propionibacterium*, *Clostridium* dan *Citrobacter*, *Lactobacillus* dan disintesis dengan *Klebsiella pneumoniae* dan *Citrobacter freundii*. Kandungan vitamin B₁₂ pada tempe dapat meningkat akibat dari biosintesis oleh mikroorganisme dalam tempe. Vitamin B₁₂ merupakan vitamin yang disintesis oleh mikroorganisme sehingga berbeda dengan vitamin yang lainnya yang disintesis oleh tumbuhan atau hewan.²⁰ Kelompok unsur kobalamin pada Vitamin B₁₂ dapat meningkatkan jumlah abu dari tempe yang terjadi saat proses fermentasi pada pembuatan tempe. Kenaikan jumlah abu berasal dari cobalt (Co pada vitamin B₁₂) vitamin B₁₂ mengalami peningkatan sebesar 16,56%.²⁴

Selama fermentasi untuk memaksimalkan produksi vitamin B₁₂ pada tempe, pengaturan PH tempe berkisar antara 6,6-7,2. Kadar airnya adalah 54,8±0,8%, Inokulasi *Propionibacterium* benih setelah *Rhizopus* fermentasi memberikan vitamin B₁₂ sekitar 60 ng/gram produk kering, jumlah yang meningkat sekitar 10 kali lipat dari kadar setelah fermentasi *Rhizopus*. Namun, *coinoculation* dari bakteri dan cetakan memberi hasil yang paling menarik. Pada kasus ini, konsentrasi vitamin B₁₂ hampir dua kali lipat sehubungan dengan inokulasi bakteri dan jamur berurutan. Jumlah maksimum vitamin B₁₂ diperoleh setelah 72 jam inkubasi.²⁵

Fungsi koenzim Vitamin B₁₂ dalam tubuh adalah berperan dalam metabolisme protein, pembentukan sel darah eritrosit, mempercepat pertumbuhan, dan proses pematangan sel-sel darah merah.²⁶ Hasil penelitian menunjukkan bahwa asupan vitamin B₁₂ yang adekuat akan meningkatkan kadar hemoglobin dalam darah. Peningkatan kadar hemoglobin yang melalui metabolisme lemak, protein, dan asam folat membutuhkan peran vitamin B₁₂ yang mensintesis hemoglobin dan sel-sel darah merah. Sintesis hemoglobin membutuhkan *succinyl-*

CoA. Pembentukan energi yang berasal dari pemecahan protein dan lemak membutuhkan peranan vitamin B₁₂ sebagai kofaktor pada sintesis hemoglobin. Berdasarkan hasil penelitian tubuh dapat memenuhi kekurangan Vitamin B₁₂ dengan mengambil simpanan Vitamin B₁₂ dalam tubuh. Pemenuhan kebutuhan vitamin B₁₂ diharapkan dapat mengoptimalkan sintesa hemoglobin yang ada dalam tubuh agar dapat tidak terjadi defisiensi/ kekurangan hemoglobin. Peranan berbagai zat gizi di dalam tubuh diharapkan dapat meningkatkan kualitas gizi dan manfaat yang dibutuhkan dalam metabolisme yang terjadi pembentukan hemoglobin untuk menanggulangi anemia.¹⁶

KESIMPULAN

Tempe merupakan pangan fungsional yang mengandung zat besi, vitamin B₁₂ dan asam folat. Konsumsi tempe dapat mempengaruhi kadar zat besi, asam folat dan vitamin B₁₂ dalam tubuh. Kadar zat besi dan asam folat dalam tubuh sangat berperan terhadap pembentukan hemoglobin pada tubuh manusia. Selain itu, asamfolat juga berperan dalam pematangan akhir dari sel darah merah. Vitamin B₁₂ juga berperan dalam mensintesis hemoglobin dan sel-sel darah merah, Oleh karena itu, tempe merupakan salah satu pangan fungsional yang berpotensi meningkatkan kadar hemoglobin (Hb) remaja penderita anemia.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan penelitian mengenai tempe sebagai pangan fungsional. Kedepannya diharapkan dapat dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh genomik dan genetik pada manusia terhadap bioavailabilitas tempe sebagai pangan fungsional untuk remaja anemia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Permaesih D, Susilowati H. Faktor-faktor yang mempengaruhi anemia pada remaja. *Buletin Penelitian Kesehatan*. 2005;33(4):162-171.
2. Balitbangkes. *Laporan Nasional Riskesdas 2018*. Jakarta; 2018.
3. Anis M, Ratnawati Diah. Hubungan Antara Status Gizi Dengan Kejadian Anemia pada Remaja Putri. *Jurnal Ilmiah Ilmu Keperawatan Indonesia*. 2019;9(1):563-570.
4. McLean E, Cogswell M, Egli I, Wojdyla D, De Benoist B. Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005 WHO Global Database on Anemia. *Public Health Nutrition*. 2009;1-35. doi:10.1017/S1368980008002401.
5. Direktorat Gizi Masyarakat Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat. Pedoman Pencegahan dan Penanggulangan Anemia Pada Remaja Putri dan Wanita Usia Subur (WUS). *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*. 2016:10-20.
6. Safyanti, Andrafikar. Perilaku Makan Dan Kejadian Anemia Pada Mahasiswi. *Jurnal Sehat Mandiri*. 2018;13(1):1-9. doi:10.33761/jsm.v13i1.31.
7. Novianti, Asmariyah, Suriyati. Pengaruh Pemberian Susu Tempe Terhadap kadar Hemoglobin pada Ibu Hamil TM III di Kota Bengkulu. *Journal of Midwifery*. 2019;7(1):23-29.
8. Risnawanti Y. Komposisi Proksimat Tempe yang Dibuat dari Kedelai Lokal dan Kedelai Impor. *Naskah Publikasi*. 2015;151:10-13. doi:10.1145/3132847.3132886.
9. Ervina JT. Kandungan Protein Biji Tempe Berbahan Dasar Kacang-Kacangan Lokal (Fabaceae) Non Kedelai. *Jurnal Ilmiah Biologi*. 2019;7(1).
10. Radiati A, Sumarto. Analisis Sifat Fisik, Sifat Organoleptik, Dan Kandungan Gizi Pada Produk Tempe Dari Kacang Non-Kedelai. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 2016;5(1):16-22. doi:10.17728/jatp.v5i1.32.
11. Agung IGAA, Sukerta IM, Raka DN, Dian Tariningsih. Kedelai Lokal Bali Bahan Baku Tempe Tinggi Nutrisi, Antioksidan dan Organoleptik Serta Berkhasiat Obat. *AGRIMETA: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem*. 2013;5(2):87-92.
12. Candra AA, Setiawan B, Damanik MRM. Pengaruh Pemberian Makanan Jajanan, Pendidikan Gizi dan Suplementasi Besi Terhadap Status Gizi, Pengetahuan Gizi dan Status Anemia pada Siswa Sekolah Dasar.

- Jurnal Gizi dan Pangan*. 2013;8(2):103-108. doi:10.1029/00EO00046.
13. Astuti R, Aminah S, Syamsianah A. Komposisi zat gizi tempe yang difortifikasi zat besi dan vitamin A pada tempe mentah dan matang. *Agritech*. 2014;34(2):151-159.
 14. Ridwan E. Kajian Interaksi Zat Besi dengan Zat Gizi Mikro Lain dalam Suplementasi. *Penelitian Gizi Makan*. 2012;35(1):49-54.
 15. Sidharta LDW, Susanto J. Suplementasi Tempe Meningkatkan Status Besi dan Perkembangan Anak. *Sari Pediatri*. 2017;18(3):169. doi:10.14238/sp18.3.2016.169-74.
 16. Siallagan D, Swamilaksita PD, Angkasa D. Pengaruh asupan Fe, vitamin A, vitamin B12, dan vitamin C terhadap kadar hemoglobin pada remaja vegan. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*. 2016;13(2):67. doi:10.22146/ijcn.22921.
 17. Sudargo T, Zuhrotun F, Helmiyati S, Kusuma RJ, Arjuna T, Septiana RD. Tempe With Iron Fortification to Overcome Iron Deficiency Anemia. 2013:815-820.
 18. Marwah A. Tingkat Konsumsi Energi Protein dan Lemak antara Remaja Putri Anemia dan Non Anemia di SDN Totosari I, Tunggulsari I dan II Surakarta. *Naskah Publikasi*. 2019.
 19. Susilowati A, Ghozali AM, Maryati Y. Mikrofiltrasi Isolat Tempe Kedelai (*Glycine soja* L.) dan Distribusi Partikelnya Sebagai Sumber Asam Folat. *Biopropal Industri*. 2018;9(2):61-69.
 20. Hutkins WR. *Microbiology and Technology of Fermented Foods*.; 2019.
 21. Asmoro NW. Pengaruh Jenis Inokulum Terhadap Kandungan Asam Folat pada Fermentasi Tempe Kedelai Hitam Varietas Maluku. *Jurnal Ilmiah Teknosains*. 2016;2(1):66-72.
 22. Susilowati A, Maryati Y, Lotulung P, Aspiyanto A. Formulasi Nikstamal Jagung, Tempe, dan Sayuran Terfermentasi dalam Perolehan Pasta Fortifikan sebagai Sumber Asam Folat Alami. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 2018;7(2):68-77. doi:10.17728/jatp.2517.
 23. Machmud A. Perbandingan Efektifitas Pemberiaan Tablet Fe + Asam Folat dan Tablet Fe + Vitamin C dalam Peningkatan Kadar Hemoglobin. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 2019;10(2):147-150.
 24. Sine Y, Soetarto ES. Perubahan Kadar Vitamin Dan Mineral Pada Fermentasi Tempe Gude (*Cajanus cajan* L.). *Jurnal Sainstek Lahan Kering*. 2018;1(1):1-3. doi:10.32938/slk.v1i1.414.
 25. Signorini C, Carpen A, Coletto L, Borgonovo G, Galanti E, Capraro J, Magni C, Abate A, Johnson SK, Duranti M, Scarafoni A. Enhanced vitamin B12 production in an innovative lupin tempeh is due to synergic effects of *Rhizopus* and *Propionibacterium* in cofermentation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2018;69(4):451-457. doi:10.1080/09637486.2017.1386627.
 26. Rafika R, Restuastuti T, Ernalina Y. Kecukupan asupan protein dan asupan vitamin b 12 pada anak vegetarian di sekolah dasar metta maitreya. *Journal Online Mahasiswa FK*. 2015;2(2):1-9.