

**PENINGKATAN NILAI GIZI PRODUK PANGAN DENGAN PENAMBAHAN
BUBUK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*): REVIEW**
*Increased Nutritional Value of Food Products with the Addition of Moringa Leaf
Powder: A Review*

Clarita Angelina¹⁾, Yuliana Reni Swasti^{1)*}, Franciscus Sinung Pranata¹⁾

¹⁾Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jalan Babarsari No. 44, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281, Indonesia

*Korespondensi Penulis: reni.swasti@uajy.ac.id

ABSTRACT

In several countries, moringa leaves are starting to be widely used in food products as an alternative to overcome malnutrition. Malnutrition occurs due to a lack of energy and protein balance which disrupt human physiological function. The lack of micronutrient intakes, such as vitamin A, iron, and zinc, can also cause malnutrition. Moringa oleifera is referred to as the most economical tree. Almost every part of the tree contains abundant nutrients and plays an important role in meeting human nutritional needs. Moringa leaves contain high protein, vitamin, and minerals, to be used as an alternative to overcome nutritional problems. Various studies have concluded that moringa leaves can be used in food products. This review aims to determine the use of moringa leaves to increase the nutritional content in food products. The addition of moringa leaf powder causes a significant increase in protein, fiber, and mineral content in several food products. The addition of moringa leaf powder with the highest concentration resulted in the best increase in protein, fat, fiber, and mineral content in several food products. However, the acceptable concentration of moringa leaf powder addition is not more than 5%.

Keywords: mineral content, moringa leaf, nutrient

PENDAHULUAN

Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang berasal dari India, namun saat ini sudah banyak tersedia di beberapa negara di Asia, Eropa, dan Afrika, salah satunya Indonesia. Tanaman ini mampu tumbuh di lingkungan tropis dengan kondisi panas, lembab, kering, dan tanah yang kurang subur. Kelor disebut sebagai tanaman paling ekonomis dan mengandung nilai gizi yang sangat baik sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif dalam mengatasi permasalahan gizi (Kou *et al.*, 2018). Tanaman kelor masih kurang dimanfaatkan secara maksimal sebagai bahan pangan. Pada umumnya masyarakat hanya memanfaatkan daun tanaman ini untuk dijadikan sayuran. Bagian daun tanaman kelor dapat diolah menjadi bentuk tepung, bubuk, atau ekstrak yang dapat

digunakan untuk meningkatkan zat gizi pada produk pangan (Aminah *et al.*, 2015).

Di beberapa negara khususnya bagian Afrika, potensi pemanfaatan daun kelor dalam bahan pangan mulai meningkat. Misalnya di Nigeria, daun kelor dimanfaatkan sebagai fortifikasi makanan dari jagung, kedelai, dan kacang tanah (Shiriki *et al.*, 2015), serta sebagai penambah makanan seperti *amala* (adonan yang terbuat dari tepung ubi dan tepung pisang raja), ogi (bubur jagung), roti, biskuit, keju, dan sup (Oyeyinka & Oyeyinka, 2018), serta yoghurt (Kuikman & O'Connor, 2015). Pemanfaatan ini digunakan sebagai alternatif dalam mengatasi permasalahan gizi yaitu malnutrisi.

Fortifikasi makanan dianggap sebagai salah satu cara yang paling tepat untuk mencegah kekurangan zat gizi.

Fortifikasi melibatkan penambahan satu atau lebih zat gizi mikro tertentu pada bahan pangan untuk meningkatkan nilai gizi produk pangan (Astutik *et al.*, 2019). Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan tanaman kelor telah banyak dilakukan, terutama pemanfaatannya dalam meningkatkan nilai gizi produk pangan dan dalam mengatasi permasalahan gizi. Uraian ini bertujuan untuk mengumpulkan dan merangkum beberapa penelitian mengenai pemanfaatan daun kelor (*Moringa oleifera*) dalam berbagai produk pangan, serta membuktikan adanya pengaruh penambahan dan fortifikasi daun kelor terhadap zat gizi dalam berbagai produk pangan.

DEFINISI DAN KANDUNGAN GIZI DAUN KELOR (*Moringa oleifera*)

Kelor (*Moringa oleifera*) disebut sebagai “*a miracle tree*” atau tanaman ajaib karena setiap bagian tanaman ini memiliki manfaat dan potensi yang dapat digunakan untuk tujuan yang berbeda-beda (Falowo *et al.*, 2018). Kelor dikenal sebagai salah satu tanaman yang bernilai ekonomis, terutama bagi industri pangan di beberapa negara berkembang (Leone *et al.*, 2015). Kelor mengandung zat gizi yang melimpah yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan gizi manusia. Bagian daun pada tanaman kelor ini biasanya digunakan dalam bahan makanan karena nilai gizinya yang tinggi. Dibandingkan dengan tanaman lain yang biasa dikonsumsi sebagai sayuran atau buah-buahan, kandungan gizi pada daun kelor tersebut jauh lebih tinggi (Hekmat *et al.*, 2015).

Dijelaskan bahwa pada daun kelor mengandung vitamin C lebih banyak dari jeruk, kalium lebih tinggi dari pisang, vitamin A lebih banyak dari wortel, kalsium lebih banyak dari susu, dan mengandung protein lebih tinggi dari yoghurt (Gandji *et al.*, 2018). Hal tersebut dibuktikan dengan daun kelor mengandung vitamin C 220 mg/100 g, kalium 1324 mg/100 g, vitamin A 6,78 mg/100 g,

kalsium 440 mg/100 g (USDA National Nutrient Database, 2015), dan protein 6,7% per 100 g (Augustyn *et al.*, 2017), sedangkan vitamin C jeruk 58,30 mg/100 g (Fatin Najwa & Azlan, 2017), kalium pisang 275-375 mg/100 g (Hapsari & Lestari, 2016), kalsium susu 83,33 mg/100 g (Nogalska *et al.*, 2017), dan protein yoghurt 3,24% per 100 g (Djali *et al.*, 2018). Hampir semua bagian tanaman kelor dianggap sebagai sumber makanan yang mengandung nilai gizi yang baik (Falowo *et al.*, 2018), yaitu buah, biji, daun, bunga, kulit kayu, dan akar (Zaku *et al.*, 2015). Bagian daun dan bunga kelor merupakan sumber protein dan serat pangan yang baik (Gopalakrishnan *et al.*, 2016; Rocchetti *et al.*, 2019). Bunga kelor juga mengandung antioksidan yang aman untuk industri makanan dan dapat meningkatkan kesehatan (Madane *et al.*, 2019).

Biji kelor mengandung sejumlah vitamin A dan E, dan ketika diekstraksi akan menghasilkan minyak yang mengandung protein tinggi (Sahay *et al.*, 2017). Daun kelor kaya akan protein, mineral, beta-karoten, vitamin C, kalsium, dan kalium (Leone *et al.*, 2015; Zaku *et al.*, 2015). Selain itu, daun kelor juga mengandung senyawa antioksidan yang bervariasi seperti asam askorbat, flavonoid, senyawa fenolik, dan karotenoid yang dapat bertindak sebagai antioksidan alami. Mineral yang terkandung di dalam daun kelor berupa zat besi, kalsium, kalium, seng, dan mineral lainnya, dan hampir semua vitamin seperti vitamin A, B, C, D, dan E terdapat pada daun kelor (Falowo *et al.*, 2018). Tidak hanya itu, daun kelor juga mengandung berbagai macam asam amino dalam bentuk asam aspartat, glutamat, lisin, leusin, isoleusin, triptofan, fenilalanin, alanin, valin, histidin, arginin, sistein, dan metionin (Aminah *et al.*, 2015). Kandungan gizi daun kelor baik dalam bentuk segar maupun kering ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Pemanfaatan daun kelor di Indonesia masih kurang banyak dimanfaatkan karena masyarakat pada umumnya hanya

Tabel 1. Kandungan gizi daun kelor (*Moringa oleifera*) segar dan daun kelor kering (per 100 g)

Kandungan gizi	Daun kelor segar	Daun kelor kering	Referensi
Kadar air (%)	75,9	6	Shiriki <i>et al.</i> (2015)
Kadar abu	-	7,95	
Kalori (kal)	92	205	
Protein (%)	6,7	23,78	Augustyn <i>et al.</i> (2017)
Lemak (%)	4,65	2,74	
Karbohidrat (%)	12,5	51,66	Tekle <i>et al.</i> (2015)
Serat (%)	7,92	12,63	Aminah <i>et al.</i> (2015)
Kalsium (mg)	440	2003	USDA National Nutrient Database (2015)
Kalium (mg)	259	1324	
Besi (mg)	0,85	28,2	
Magnesium (mg)	42	368	
Seng (mg)	0,16	3,29	
Fosfor (mg)	70	204	
Tembaga (mg)	0,07	0,57	
Vitamin A (mg)	6,78	18,9	
Niacin (B3) (mg)	0,8	8,2	
Riboflavin (B2) (mg)	0,05	20,5	
Thiamin (B1) (mg)	0,06	2,64	
Vitamin C (mg)	220	17,3	

memanfaatkan daun kelor sebagai olahan sayur maupun tanaman hias (Aminah *et al.*, 2015). Seringkali, kendala yang dialami dalam penggunaan kelor di industri pangan yaitu aroma kelor yang langu sehingga diperlukan cara untuk mengatasinya agar dapat dimanfaatkan di industri pangan (Ruchdiansyah *et al.*, 2016). Selain itu, permasalahan gizi di negara berkembang khususnya Indonesia masih berlanjut, terutama banyak dialami oleh usia bayi hingga anak-anak dan pada usia rentan. Daun kelor dianggap memiliki potensi dalam mengatasi masalah kekurangan gizi, kelaparan, dan mencegah berbagai penyakit di dunia (Hasniar *et al.*, 2019). Beberapa produk pangan yang beredar di masyarakat masih banyak yang belum mengandung zat gizi yang baik. Daun kelor menjadi salah satu alternatif yang dapat ditambahkan ke dalam beberapa produk pangan untuk meningkatkan nilai gizi karena daun kelor kaya akan zat gizi (Valdivié-Navarro *et al.*, 2019)

BUBUK DAUN KELOR

Daun kelor yang dikeringkan dan selanjutnya dibuat menjadi bentuk bubuk memiliki kandungan gizi yang lebih banyak daripada daun kelor segar. Perbandingan kandungan gizi daun kelor segar dan kering ditunjukkan pada **Tabel 1**. Pembuatan bubuk bertujuan untuk mempermudah proses pemanfaatan daun kelor sebagai bahan pangan fungsional. Selain itu, daun kelor yang diolah menjadi bubuk dapat memperpanjang masa simpan daun kelor sehingga menjadi lebih awet (Kamsiati, 2006; Thurber & Fahey, 2009).

Apabila dibandingkan dengan daun kelor yang dibentuk menjadi pasta, proses pembuatan pasta lebih melibatkan suhu tinggi sehingga akan memperbesar kemungkinan hilangnya senyawa daun kelor yang bersifat termolabil. Selain itu, proses pembuatan pasta juga memerlukan waktu dan pelarut yang banyak (Mukhriani, 2014).

PERSIAPAN DAUN KELOR SEBELUM DIAPLIKASIKAN KE DALAM PRODUK PANGAN

Preparasi Daun Kelor

Proses pembuatan bubuk daun kelor diawali dengan pemilihan daun kelor yang masih segar dengan kriteria berwarna hijau tua, yang dipetik dari cabang tangkai daun pertama (di bawah pucuk) hingga tangkai daun ketujuh yang belum menguning (Zakaria *et al.*, 2019), kemudian dilakukan tahap pemisahan daun kelor dari tangkainya dan dilakukan sortasi. Sortasi dilakukan untuk memisahkan daun kelor yang masih segar dengan daun yang sudah menguning atau rusak. Setelah disortasi, daun kelor dicuci hingga bersih untuk menghilangkan kotoran (Malibun *et al.*, 2019), lalu ditiriskan untuk mengurangi jumlah air pada daun kelor (Augustyn *et al.*, 2017). Daun kelor yang sudah dicuci dan ditiriskan dilanjutkan dengan tahap blansir selama 1-2 menit pada suhu 80°C menggunakan *waterbath* agar suhu air panas dapat dikontrol (Premi & Sharma, 2017).

Blansir dilakukan untuk menginaktivasi enzim penyebab langu pada daun kelor dan meminimalisir terjadinya perubahan warna (Wahyuni & Nugroho, 2015). Aroma langu pada daun kelor dipengaruhi oleh adanya enzim lipoksigenase (lipoksidase) (Hasniar *et al.*, 2019). Enzim tersebut bekerja dengan menghidrolisis asam lemak tak jenuh ganda (termasuk linoleat dan α -linonenat) sehingga menghasilkan senyawa volatil yang menghasilkan aroma langu (Sari & Adi, 2017; Stolterfoht *et al.*, 2019).

Pembuatan Bubuk Daun Kelor

Daun kelor yang sudah diblansir kemudian dilanjutkan dengan tahap pengeringan. Pengeringan daun kelor menggunakan mesin pengering (oven) selama 5 jam pada suhu 60°C hingga daun berubah menjadi kering yang ditandai dengan daun yang mudah rapuh dan dapat dihancurkan. Setelah kering, daun kelor

dihancurkan dan digiling menggunakan *blender* hingga menjadi bubuk (Malibun *et al.*, 2019), dan diayak dengan ukuran 80 *mesh* untuk memisahkan batang-batang kecil yang tidak dapat hancur (Srinivasamurthy *et al.*, 2017). Bubuk daun kelor yang sudah halus dikemas dan disimpan di dalam kantong polietilen yang kedap udara hingga siap digunakan (Premi & Sharma, 2017).

PENAMBAHAN BUBUK DAUN KELOR TERHADAP NILAI GIZI PRODUK PANGAN

Rendahnya beberapa nilai gizi pada suatu produk pangan telah mendorong banyak peneliti untuk menambahkan produk pangan tersebut dengan berbagai macam bahan yang mengandung zat gizi tinggi. Sebagai contoh, nasi merupakan sumber utama kalori, namun rendah vitamin dan mineral, begitu pula pada sayuran dan buah-buahan yang secara umum kaya akan serat, vitamin, dan mineral, tetapi rendah protein dan kalori (Permenkes RI, 2014). Masyarakat juga masih mengonsumsi pangan yang belum mencukupi keseimbangan gizi. Berdasarkan Balitbang Kemenkes RI (2013), sebanyak 93,5% penduduk dengan rentang usia di atas 10 tahun belum mengonsumsi sayuran dan buah-buahan yang sesuai dengan anjuran gizi, sehingga menunjukkan bahwa beberapa masyarakat di Indonesia masih memiliki masalah kekurangan gizi.

Daya cerna protein adalah kemampuan protein untuk dihidrolisis menjadi asam amino oleh enzim pencernaan (Cissee *et al.*, 2013; Guo *et al.*, 2007). Protein pada makanan harus dihidrolisis menjadi asam amino atau peptida kecil agar protein dapat digunakan oleh tubuh manusia setelah dikonsumsi (Joye, 2019). Selama pencernaan, protein dihidrolisis menjadi peptida dan asam amino yang kemudian dapat dengan mudah diasimilasi oleh tubuh manusia yang dibantu oleh enzim peptidase. Setelah

Tabel 2. Daya cerna protein daun kelor (*Moringa oleifera*)

Sampel daun kelor	Daya cerna protein (%)	Referensi
Bubuk	62,85	Wahyuni <i>et al.</i> (2021)
Ekstrak	75,54	Roger & Rawdkuen (2020)

dihidrolisis, peptida dan asam amino diserap dengan cepat dan efisien oleh enterosit di usus kecil (Lundquist & Artursson, 2016). Daya cerna protein daun kelor ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Daya cerna protein daun kelor yang lebih rendah pada bentuk bubuk dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor selama proses pengolahan, misalnya pada proses pemanasan, pengeringan, dan penghancuran yang dapat menyebabkan penurunan daya cerna protein dan ketersediaan asam amino esensial bubuk daun kelor (Saputra, 2014). Daya cerna protein bergantung pada faktor internal dan eksternal protein. Faktor internal berupa profil asam amino protein, *protein folding*, dan *crosslinking*, serta faktor eksternal berupa kondisi pH, suhu, dan kekuatan ionik, serta keberadaan molekul sekunder seperti pengemulsi dan faktor anti-gizi (Impa *et al.*, 2019).

Struktur protein dapat memengaruhi aksesibilitas enzim untuk pencernaan. Proporsi β -*sheets* intramolekul dalam struktur sekunder protein asli dapat dikaitkan dengan penurunan daya cerna protein. Perubahan protein yang dapat dianggap positif (denaturasi dan pembentukan kumparan acak) dan negatif (agregasi dan reaksi maillard) untuk pencernaan protein dapat terjadi bersamaan selama pemrosesan (Salazar-Villanea *et al.*, 2016). Struktur sekunder protein pada daun kelor berupa α -*helix* (13,49%), β -*sheet* (32,77%), β -*turn* (39,31%), dan struktur tidak beraturan (14,43%) (Mune *et al.*, 2016).

Denaturasi protein akan membuka struktur protein sehingga akan lebih mudah diakses oleh enzim hidrolitik dan karena itu pula dapat meningkatkan daya cerna protein. Pada saat yang sama, denaturasi protein juga mengekspos tambalan hidrofobik dari protein yang sebaliknya

terlindung dari lingkungan berair. Efek hidrofobik, paralel dengan interaksi lain yang secara tiba-tiba diaktifkan karena perubahan konformasi, sehingga menyebabkan agregasi dan penurunan daya cerna protein (Gulati *et al.*, 2017). Pada bubuk daun kelor menunjukkan daya cerna sebesar 57,22% (Mune *et al.*, 2016). Peningkatan daya cerna protein dapat juga dipengaruhi oleh penurunan beberapa senyawa atau faktor antigizi yang terkandung pada daun kelor (Simwaka *et al.*, 2017). Penurunan senyawa faktor antigizi dapat dipengaruhi oleh adanya panas seperti pemasakan, pengukusan (*steaming*), blansir (75-95°C), pemanggangan, dan adanya modifikasi secara kimia (Hamid *et al.*, 2017).

Serat pangan dikategorikan menjadi serat larut dan serat tidak larut berdasarkan kemampuannya untuk larut dalam air (Perry & Ying, 2016). Serat larut adalah jenis serat yang dapat larut dalam air (Mudgil, 2017). Serat larut difermentasi di dalam usus besar yang dapat meningkatkan konsentrasi metabolit bakteri yang menguntungkan, seperti asam lemak rantai pendek (SCFA). Serat larut juga dapat memberikan efek *fecal bulking* yang dapat membantu pergerakan usus dengan meningkatkan waktu transit usus (Makki *et al.*, 2018; Axelrod & Saps, 2018).

Selain itu, serat larut memiliki sifat viskositas yang mampu menunda penyerapan glukosa dan lipid sehingga berdampak positif terhadap metabolisme postprandial (Deehan *et al.*, 2017). Serat larut seperti karbohidrat yang tidak dapat dicerna (tahan terhadap pencernaan di usus kecil) merupakan substrat utama yang dapat digunakan untuk fermentasi bakteri di usus besar manusia. Apabila fermentasi ini dilakukan oleh bakteri selektif, akan

menguntungkan mikroflora usus dan inang, dan dianggap sebagai prebiotik (Pérez-López *et al.*, 2016). Sebagian besar prebiotik merupakan serat pangan seperti oligosakarida, namun tidak semua serat pangan termasuk prebiotik (Maryati *et al.*, 2016).

Sebaliknya, serat tidak larut merupakan jenis serat yang tidak dapat larut dalam air (Mudgil, 2017). Jenis serat tidak larut dapat berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang terdapat pada tumbuhan sebagai komponen struktur dinding sel (Li & Komarek, 2017). Serat tidak larut tidak dapat difermentasi dengan baik oleh bakteri usus besar (Makki *et al.*, 2018; Axelrod & Saps, 2018). Serat tidak larut bersifat pencahar (laksatif) yang akan meningkatkan massa feses dan ekskresi asam empedu, serta mengurangi waktu transit usus (Perry & Ying, 2016). Hasil yang diperoleh dari beberapa penelitian mengenai pengaruh penambahan daun kelor terhadap nilai gizi produk pangan tersaji pada **Tabel 3**.

Dalam berbagai penelitian yang dilakukan beberapa peneliti, bubuk daun kelor (*Moringa oleifera*) terbukti dapat meningkatkan kadar protein, lemak, dan

serat pada beberapa produk pangan (Malibun *et al.*, 2019). Protein berperan penting di dalam pengolahan produk pangan yang dapat memengaruhi karakteristik produk yang diinginkan, kualitas, dan penerimaannya terhadap konsumen seperti rasa, warna, dan tekstur (Lestari *et al.*, 2018). Kandungan protein beberapa produk ditunjukkan pada **Tabel 3** yang telah diberi perlakuan menghasilkan kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan kontrol dan menjelaskan bahwa terjadi peningkatan protein ketika ditambahkan dengan bubuk daun kelor.

Kandungan protein pada produk *rice crackers* dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk terendah yaitu sebesar 2% mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 21,76% dan 1,90% dari kontrol, sedangkan pada produk *rice crackers* dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk tertinggi secara berturut-turut sebesar 3% dan 10% mengalami peningkatan sebesar 23,74% dan 5,59% dari kontrol. Daun kelor mengandung sejumlah besar protein yaitu sebanyak 26,03% (Augustyn *et al.*, 2017). Protein daun kelor tersusun atas semua

Tabel 3. Peningkatan nilai gizi pada beberapa produk pangan yang ditambahkan dengan bubuk daun kelor (*Moringa oleifera*)

Produk pangan	Konsentrasi bubuk daun kelor terendah dan tertinggi (%)	Konsentrasi yang dapat diterima (%)	Peningkatan nilai gizi		
			Protein	Lemak	Serat
<i>Rice crackers</i> (Malibun <i>et al.</i> , 2019)	K	0	5,56%	3,21%	0,60%
	P ₁	2	6,77%	3,34%	1,52%
	P ₂	3	6,88%	3,61%	1,63%
MP-ASI (Zakaria <i>et al.</i> , 2019)	K	0	NT	NT	NT
	P ₁	5	9,27 g	9,42 g	16,33 g
	P ₂	12,5	14,09 g	11,22 g	16,37 g
Kue bolu (Premi & Sharma, 2017)	K	0	7,86%	9,68%	0,42 mg/100 g
	P ₁	2	8,01%	9,69%	0,56 mg/100 g
	P ₂	10	8,30%	9,69%	0,94 mg/100 g

Keterangan: K/P = kontrol/perlakuan, NT = *not tested*, konsentrasi = % per total bahan

Tabel 4. Kandungan asam amino daun kelor kering (*Moringa oleifera*) (per 100 g)

Asam amino esensial (Khalid Abbas <i>et al.</i> , 2018)	Asam amino non-esensial (Voet & Voet, 2011)
Valin	Glisin
Treonin	Alanin
Isoleusin	Serin
Leusin	Prolin
Lisin	Asam aspartat
Metionin	Asam glutamat
Fenilalanin	Tirosin
Histidin	Sistin

asam amino esensial yang baik dan asam amino non-esensial yang ditunjukkan pada **Tabel 4**. Asam glutamat merupakan asam amino dengan konsentrasi tertinggi pada daun kelor. Komposisi asam-asam amino ini dapat menjadi penentu karakteristik dan aktivitas protein yang terkandung dalam produk (Natsir *et al.*, 2019).

Asam amino esensial disintesis melalui jalur yang hanya ada pada tumbuhan dan mikroorganisme yang melewati banyak jalur daripada asam amino non-esensial. Misalnya lisin, metionin, dan treonin disintesis dari aspartat yang jalur reaksi pertamanya dikatalisis oleh aspartokinase, yaitu enzim yang hanya ada pada tumbuhan dan mikroorganisme. Asam amino non-esensial dapat disintesis oleh mamalia. Asam amino non-esensial ini (kecuali tirosin) disintesis melalui jalur sederhana seperti piruvat, oksaloasetat, -ketoglutarat, dan 3 fosfoglisarat, sedangkan pada tirosin disintesis oleh hidrosilasi dari fenilalanin (asam amino esensial) (Voet & Voet, 2011).

Penambahan bubuk daun kelor pada beberapa produk pangan juga dapat memengaruhi peningkatan kadar lemak produk pangan, khususnya pada produk *rice crackers* dan kue bolu. Kandungan lemak pada produk *rice crackers* dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk terendah yaitu sebesar 2% mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 4,04% dan 0,10% dari kontrol,

sedangkan pada produk *rice crackers* dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk tertinggi secara berturut-turut sebesar 3% dan 10% mengalami peningkatan sebesar 12,46% dan 0,19% dari kontrol. Namun, peningkatan yang terjadi pada produk *rice crackers* tidak memenuhi syarat mutu *crackers* (minimal 9,5) dikarenakan menghasilkan lemak yang lebih rendah yaitu sebesar 3,34%. Hal ini dikarenakan rendahnya kandungan lemak pada daun kelor. Daun kelor dalam keadaan segar mengandung lemak sebesar 4,65% dan ketika dikeringkan mengandung 2,74% lemak (Augustyn *et al.*, 2017). Daun kelor mengandung asam palmitat dan asam *heneicosanoic* sebagai asam lemak jenuh terbanyak, serta mengandung linolenat sebagai asam lemak tak jenuh terbanyak (Godinez-Oviedo *et al.*, 2016).

Beberapa penelitian juga menunjukkan peningkatan kadar serat seiring dengan peningkatan konsentrasi pemberian bubuk daun kelor. Kandungan serat pada produk *rice crackers* dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk terendah yaitu sebesar 2% mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 153,33% dan 33,33% dari kontrol, sedangkan pada produk *rice crackers* dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk tertinggi secara berturut-turut sebesar 3% dan 10% mengalami peningkatan sebesar 171,66% dan 123,80% dari kontrol. Peningkatan kadar serat pada penambahan bubuk daun kelor dikarenakan

daun kelor mengandung serat yang tinggi. Daun kelor segar mengandung 7,92% serat dan daun kelor kering mengandung 12,63% serat, serta apabila diolah menjadi bentuk tepung mengandung 19,2% serat (Aminah *et al.*, 2015). Daun kelor mengandung serat tidak larut berupa lignin (2,41%), selulosa (11%) dan hemiselulosa (10,24%) (Nisa *et al.*, 2018).

Hemiselulosa memiliki kemampuan dalam delignifikasi yang berkaitan dengan polisakarida, sehingga lebih mudah larut atau dicerna dibandingkan selulosa (Nisa *et al.*, 2018). Selulosa bermanfaat untuk membantu usus melakukan pencernaan secara efisien, serta mengikat mikronutrien lain dan racun seperti asam empedu. Lignin merupakan salah satu komponen utama dalam serat pangan. Lignin merupakan bentuk lain dari serat tidak larut yang mengandung banyak komponen kimia berbeda, seperti asam ferulat, asam kumarat, asam vanilat, vanilin, siringal-dehid, dan furfural (Papandreou *et al.*, 2015).

PENAMBAHAN BUBUK DAUN KELOR TERHADAP KANDUNGAN MINERAL PRODUK PANGAN

Malnutrisi menjadi suatu tantangan terbesar yang dihadapi seluruh dunia. Lebih dari 2 miliar orang kekurangan zat gizi penting yang dibutuhkan oleh tubuh karena pola diet tinggi kalori namun tidak memberikan gizi yang seimbang (FAO, 2014). Dalam mengatasi tantangan ini, fortifikasi dianggap sebagai salah satu cara yang paling tepat untuk mengatasi malnutrisi, terutama pada bayi dan anak-anak di beberapa negara berkembang (Spieldenner, 2016). Fortifikasi merupakan penambahan satu atau lebih zat gizi mikro tertentu pada bahan pangan sebagai upaya dalam meningkatkan kualitas gizi produk atau bahan pangan (Astutik *et al.*, 2019). Hasil yang diperoleh dari beberapa penelitian mengenai pengaruh penambahan daun kelor terhadap kandungan mineral produk pangan disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Peningkatan kandungan mineral pada beberapa produk pangan yang ditambahkan dengan bubuk daun kelor (*Moringa oleifera*)

Produk pangan	Konsentrasi bubuk daun kelor terendah dan tertinggi (%)	Konsentrasi yang dapat diterima (%)	Peningkatan kandungan mineral (mg)				
			Ca	Fe	Mg	Zn	P
Bubur jagung instan (Netshiheni, 2019)	K	0	7,1	7,7	31,4	3,4	NT
	P ₁	5	276,8	36,9	97,5	6,5	NT
	P ₂	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Roti (Kokoh <i>et al.</i> , 2019)	K	0	36,17	1,40	20,40	0,77	104,25
	P ₁	0,25	36,21	2,32	22,0	3,02	303,01
	P ₂	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Kue bolu (Premi & Sharma, 2017)	K	0	48,78	1,30	NT	NT	NT
	P ₁	2	58,92	1,45	NT	NT	NT
	P ₂	10	99,41	1,94	NT	NT	NT

Keterangan: Ca = kalsium, Fe = zat besi, Mg = magnesium, Zn = seng, P = fosfor, K/P = kontrol/perlakuan, NT = *not tested*, konsentrasi = % per total bahan

Efektivitas penambahan daun kelor (*Moringa oleifera*) pada beberapa produk pangan disajikan pada **Tabel 5**. Daun kelor yang ditambahkan ke dalam produk pangan mampu meningkatkan kandungan mineral, seperti kalsium, zat besi, magnesium, seng, fosfor, dan kalium. Di beberapa negara berpenghasilan menengah ke bawah, asupan kalsium harian masih jauh di bawah rekomendasi harian (Cormick *et al.*, 2019), dan untuk memenuhi asupan harian kalsium orang dewasa harus mengonsumsi sebesar 1000 mg per hari (Permenkes RI, 2019). Kalsium (Ca) merupakan mineral yang paling dominan dan berperan dalam pembentukan tulang dan gizi, baik selama masa pertumbuhan maupun setelah mencapai usia dewasa (Padmasuri, 2015). Kandungan kalsium pada produk bubur jagung instan, roti, dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk secara berturut-turut sebesar 5%; 0,25%; dan 2% mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 3798,59%; 0,11%; dan 20,78% dari kontrol. Meningkatnya kandungan kalsium pada beberapa produk pangan antara kontrol dan setelah penambahan bubuk daun kelor dapat disebabkan karena dalam 100 g daun kelor berkontribusi terhadap kalsium sebesar 440 mg dalam kondisi segar dan sebesar 2003 mg jika daun kelor dilakukan pengeringan (*USDA National Nutrient Database*, 2015).

Bioavailabilitas merupakan zat gizi yang dicerna yang dapat diserap, digunakan, dan disimpan dalam tubuh. Bioavailabilitas tidak hanya terbatas pada penyerapan dari usus, namun juga mencakup penggunaan dan penyimpanan (retensi) dalam jaringan manusia (Melse-Boonstra, 2020). Bioavailabilitas mineral dapat dipengaruhi oleh adanya faktor antigizi seperti fitat, tannin, dan polifenol yang terdapat pada bahan pangan (Tessera *et al.*, 2015). Bioavailabilitas kalsium yang tinggi terdapat pada susu dan produk susu lainnya karena mengandung laktosa dan faktor lainnya, sedangkan di sebagian tanaman sayur memiliki bioavailabilitas

kalsium yang rendah karena adanya kandungan zat lain seperti asam oksalat, fitat atau mineral lain yang dapat bersaing selama penyerapan dalam jalur absorpsi. Asam fitat merupakan mineral antigizi yang ada dalam daun kelor yang berasosiasi dengan kalsium untuk membentuk endapan kompleks fitat. Keberadaan asam fitat dapat menghambat penyerapan dan pemanfaatan protein, vitamin, dan mineral (Dai *et al.*, 2020).

Zat besi (Fe) berperan penting dalam transportasi dan penyimpanan oksigen, serta sebagai fungsi metabolisme yang berkaitan dengan pertumbuhan, kekebalan tubuh, aktivitas otot, kekuatan tulang, dan sistem saraf (Blanco-rojo & Vaquero, 2019). Penambahan zat besi pada beberapa produk pangan dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mengatasi masalah anemia (Zaku *et al.*, 2015). Penambahan bubuk daun kelor dapat meningkatkan zat besi beberapa produk pangan (**Tabel 5**). Kandungan zat besi pada produk bubur jagung instan, roti, dan kue bolu dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk secara berturut-turut sebesar 5%; 0,25%; dan 2% mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 379,22%; 65,71%; dan 11,53% dari kontrol. Peningkatan zat besi pada beberapa produk pangan ini dapat disebabkan karena daun kelor berkontribusi terhadap zat besi sebesar 0,85 mg dari 100 g jika dalam kondisi segar, dan sebesar 28,2 mg dari 100 g jika daun kelor mengalami pengeringan (*USDA National Nutrient Database*, 2015).

Magnesium (Mg) adalah salah satu ion yang berperan penting dalam hampir setiap proses metabolisme dan biokimia tubuh manusia (Reddy *et al.*, 2018). Magnesium merupakan kofaktor lebih dari 300 sistem enzim yang mengatur berbagai reaksi biokimia dalam tubuh, termasuk sintesis protein, transmisi otot dan saraf, konduksi neuromuskuler, transduksi sinyal, mengontrol glukosa darah, dan regulasi tekanan darah (Gröber *et al.*, 2015). Penambahan bubuk daun kelor dapat

meningkatkan kandungan magnesium pada beberapa produk pangan yang ditunjukkan pada **Tabel 5**. Kandungan magnesium pada produk bubur jagung instan dan roti dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk secara berturut-turut sebesar 5% dan 0,25% mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 210,50% dan 7,84% dari kontrol. Peningkatan kandungan magnesium dikarenakan daun kelor berkontribusi terhadap magnesium sebesar 42 mg dari 100 g dalam kondisi segar dan 368 mg jika daun kelor dilakukan pengeringan (*USDA National Nutrient Database*, 2015). Selain itu, peningkatan juga terjadi karena mengandung pigmen klorofil yang tinggi sebagai senyawa *tetrapyrrole* yang kaya akan magnesium (El-gammal *et al.*, 2016).

Seng (Zn) merupakan salah satu mineral yang paling umum dalam tubuh manusia dan berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan yang bertindak sebagai sinyal (Hara *et al.*, 2017). Penambahan bubuk daun kelor dapat meningkatkan kandungan seng beberapa produk pangan pada **Tabel 5**. Kandungan seng pada produk bubur jagung instan dan roti dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk secara berturut-turut sebesar 5% dan 0,25% mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 91,17% dan 292,20% dari kontrol. Peningkatan kandungan seng berkaitan dengan adanya kontribusi daun kelor terhadap seng yaitu sebesar 0,16 mg dalam kondisi segar dan 3,29 mg jika daun kelor dikeringkan (*USDA National Nutrient Database*, 2015).

Fosfor (P) termasuk mineral terbanyak kedua dalam tubuh yang berperan dalam mengubah makanan menjadi energi yang diperlukan dalam metabolisme tubuh (Malibun *et al.*, 2019). Sebanyak 85% fosfor disimpan dalam tulang dan gigi yang berperan penting dalam pembentukan tulang dan gigi, serta perbaikan tulang (Gal & Dahl, 2018). Rata-rata angka kecukupan fosfor dalam sehari pada bayi yaitu 200-250 mg, anak-anak 250-400 mg, sedangkan pada remaja dan

dewasa 400-500 mg (Astuti & Djarot, 2015). Penambahan bubuk daun kelor dapat meningkatkan kandungan fosfor beberapa produk pangan tersaji pada **Tabel 5**. Kandungan fosfor pada produk roti dengan konsentrasi penambahan daun kelor bubuk sebesar 0,25% mengalami peningkatan sebesar 190,65% dari kontrol. Terjadinya peningkatan kandungan fosfor dikarenakan daun kelor berkontribusi terhadap fosfor sebesar 70 mg dalam kondisi segar dan 204 mg jika daun kelor dikeringkan (*USDA National Nutrient Database*, 2015).

KESIMPULAN

Penambahan bubuk daun kelor dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan mutu gizi produk pangan menjadi lebih baik. Penambahan bubuk daun kelor menyebabkan peningkatan kandungan protein dan serat, serta mineral yang cukup signifikan pada beberapa produk pangan. Semakin tinggi konsentrasi penambahan bubuk kelor menghasilkan peningkatan terbaik pada kandungan protein, lemak, serat, dan mineral pada beberapa produk pangan. Namun, konsentrasi penambahan bubuk daun kelor yang dapat diterima oleh panelis tidak lebih dari 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S., Ramdhan, T., & Yanis, M. (2015). Kandungan nutrisi dan sifat fungsional tanaman kelor (*Moringa oleifera*). *Buletin Pertanian Perkotaan*, 5(2), 35-44.
- Astuti, R.D., & Djarot, S.K.S. (2015). Penentuan kadar mineral seng (Zn) dan fosfor (P) dalam nugget ikan gabus (*Channa striata*) – rumput laut merah (*Euचेuma spinosum*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2), 2337-3520.
- Astutik, A.D., Maflahah, I., & Rakhmawati. (2019). Analisis preferensi konsumen terhadap garam fortifikasi kelor. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*, 8(2), 117-127.

- Augustyn, G.H., Tuhumury, H.C.D., & Dahoklory, M. (2017). Pengaruh penambahan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap karakteristik organoleptik dan kimia biskuit Mocaf. *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 6(2), 52-58.
- Axelrod, C.H., & Saps, M. (2018). The role of fiber in the treatment of functional gastrointestinal disorders in children. *Nutrients*, 10, 1650.
- Balitbang Kemenkes RI. (2013). *Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS)*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Blanco-rojo, R., & Vaquero, M.P. (2019). Iron bioavailability from food fortification to precision nutrition: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 51, 126–138.
- Cissee, M., Zoue, L.T., Soro, Y.R., Megnanou, R.M., & Niamke, S. (2013). Physicochemical and functional properties of starches of two quality protein maize (QPM) grown in Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 66, 5130-5139.
- Cormick, G., Betran, A.P., Romero, I.B., Lombardo, C.F., Gulmezoglu, A.M., Ciapponi, A., & Belizan, J.M. (2019). Global inequities in dietary calcium intake during pregnancy: a Systematic review and meta-analysis. *BJOG Int. J. Obstet. Gynaecol.*, 444-456.
- Dai, J., Tao, L., Shi, C., Yang, S., Li, D., Sheng, J., & Tian, Y. (2020). Fermentation Improves calcium bioavailability in *Moringa oleifera* leaves and prevents bone loss in calcium-deficient rats. *Food Science and Nutrition*, 00, 3692-3703.
- Deehan, E.C., Duar, R.M., Armet, A.M., Perez-muñoz, M.E., Jin, M., & Walter, J. (2017). Modulation of the gastrointestinal microbiome with nondigestible fermentable carbohydrates to improve human health. *Microbiology Spectrum*, 5(5), 1-24.
- Djali, M., Huda, S., & Andriani, L. (2018). Karakteristik fisikokimia yogurt tanpa lemak dengan penambahan whey protein concentrate dan gum xanthan. *Agritech*, 38(2), 178-186.
- El-gammal, R.E., Ghoneim, G.A., & Elshehawy, S.M. (2016). Effect of moringa leaves powder (*Moringa oleifera*) on some chemical and physical properties of pan bread. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 7(7), 307-314.
- Falowo, A.B., Mukumbo, F.E., Idamokoro, E.M., Lorenzo, J. M., Afolayan, A. J., & Muchenje, V. (2018). Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. *Food Research International*, 106, 317-334.
- FAO. (2014). *The State of Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Fatin Najwa, R., & Azlan, A. (2017). Comparison of vitamin C content in citrus fruits by titration and high performance liquid chromatography (HPLC) methods. *International Food Research Journal*, 24(2), 726-733.
- Gal, N.J., & Dahl, W.J. (2018). *Facts about Phosphorus*. U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida, IFAS, Florida.
- Gandji, K., Chadare, F.J., Idohou, R., Salako, V.K., Assogbadjo, A.E., & Glele Kakai, R.I. (2018). Status and utilisation of *Moringa oleifera* Lam: A review. *African Crop Science Journal*, 26(1), 137-156.
- Godinez-Oviedo, A., Guemes-Vera, N., & Acevedo-Sandoval, O.A. (2016). Nutritional and phytochemical composition of moringa oleifera lam and its potential use as nutraceutical plant: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(4), 397-405.

- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D.S. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49-56.
- Gröber, U., Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*, 7, 8199-8226.
- Gulati, P.G., Li, A., Holding, D.R., Santra, D., Zhang, Y., & Rose, D.J. (2017). Heating reduces proso millet protein digestibility via formation of hydrophobic aggregates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 1952-1959.
- Guo, X., Yao, H., & Chen, Z. (2007). Effect of heat, routine, and disulfide bond reduction on in vitro pepsin digestibility of Chinese tartary buckwheat protein fractions. *Food Chemistry*, 102(1), 118-122.
- Hamid, Thakur, N.S., & Kumar, P. (2017). Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. *Agric. International*, 4(1), 56-60.
- Hapsari, L., & Lestari, D.A. (2016). Fruit characteristic and nutrient values of four Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) at different genomic groups. *AGRIVITA: Journal of Agricultural Science*, 38(3), 303-311.
- Hara, T., Teruhisa, T.T., Kazuhisa, T., Fukue, K., Kambe, T., & Fukada, T. (2017). Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis. *The Journal of Physiological Sciences*, 67(2), 283-301.
- Hasniar, Rais, M., & Fadilah, R. (2019). Analisis kandungan gizi dan uji organoleptik pada bakso tempe dengan penambahan daun kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5, 189-200.
- Hekmat, S., Morgan, K., Soltani, M., & Gough, R. (2015). Sensory evaluation of locally-grown fruit purees and inulin fibre on probiotic yogurt in Mwanza, Tanzania and the microbial analysis of probiotic yogurt fortified with *Moringa oleifera*. *J. Health Popul. Nutr.*, 33(1), 60-67.
- Impa, S.M., Perumal, R., Bean, S.R., Sunoj, V.S.J., & Jagadish, S.V.K. (2019). Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum. *Journal of Cereal Science*, 86, 124-131.
- Joye, I. (2019). Protein digestibility of cereal products. *Foods*, 8(199), 1-14.
- Kamsiati, E. (2006). Pembuatan bubuk sari buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dengan metode foam mat drying. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2), 116-119.
- Khalid Abbas, R., Elsharbasy, F.S., & Fadlemula, A.A. (2018). Nutritional values of *Moringa oleifera*, total protein, amino acid, vitamins, minerals, carbohydrates, total fat and crude fiber, under the semi-arid conditions of Sudan. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 10(2), 56-58.
- Kokoh, A.M., Elleingand, E., & Koffi, E. (2019). Physico-chemical and sensory properties of breads produced from wheat and fermented yam composite flour fortified with moringa leaves powder. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(11), 772-777.
- Kou, X., Li, B., Olayanju, J.B., Drake, J.M., & Chen, N. (2018). Nutraceutical or Pharmacological Potential of *Moringa oleifera* Lam. *Nutrients*, 10(343), 1-12.
- Kuikman, M., & O'Connor, C.P. (2015). Sensory evaluation of moringa-probiotic yogurt containing banana, sweet potato or avocado. *Journal of Food Research*, 4(5), 165-171.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2015). Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(6), 12791-12835.

- Lestari, T.I., Nurhidajah, & Yusuf, M. (2018). Kadar protein, tekstur, dan sifat organoleptik cookies yang disubstitusi tepung ganyong (*Canna edulis*) dan tepung kacang kedelai (*Glycine max L.*). *Jurnal Pangan dan Gizi*, 8(6), 53-63.
- Li, Y.O., & Komarek, A.R. (2017). Dietary fibre basics: Health, nutrition, analysis, and applications. *Food Quality and Safety*, 1, 47-59.
- Lundquist, P., & Artursson, P. (2016). Oral absorption of peptides and nanoparticles across the human intestine: Opportunities, limitations and studies in human tissues. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 106, 256-276.
- Madane, P., Das, A.K., Pateiro, M., Nanda, P.K., Bandyopadhyay, S., Jagtap, P., Barba, F.J., Shewalkar, A., Maity, B., & Lorenzo, J.M. (2019). Drumstick (*Moringa oleifera*) flower as an antioxidant dietary fibre in chicken meat nuggets. *Foods*, 8(307), 1-19.
- Makki, K., Deehan, E.C., Walter, J., & Backhed, F. (2018). The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease. *Cell Host & Microbe Review*, 23, 705-715.
- Malibun, F.B., Syam, H., & Sukainah, A. (2019). Pembuatan rice crackers dengan penambahan beras merah (*Oryza nivara*) dan serbuk daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai pangan fungsional. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2), 1-13.
- Maryati, Y., Nuraida, L., & Dewanti-Hariyadi, R. (2016). Kajian isolat bakteri asam laktat dalam menurunkan kolesterol secara in vitro dengan keberadaan oligosakarida. *Agritech*, 36(2), 196-205.
- Melse-Boonstra, A. (2020). Bioavailability of micronutrients from nutrient-dense whole foods: Zooming in on dairy, vegetables, and fruits. *Frontiers in Nutrition*, 7(101), 1-12.
- Mudgil, D. (2017). The Interaction Between Insoluble and Soluble Fiber. In *Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease: Fiber's Interaction between Gut Microflora, Sugar Metabolism, Weight Control and Cardiovascular Health* (pp. 35-59). Elsevier Inc.
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan*, 7(2), 361-367.
- Mune, M.A.M., Bassogog, C.B.B., Nyobe, E.C., & Minka, S.R. (2016). Physicochemical and functional properties of *Moringa oleifera* seed and leaf physicochemical and functional properties of *Moringa oleifera* seed and leaf flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1-9.
- Mune, M.A.M., Emilienne, C.N., Bassogog, C.B.B., & Minka, S.R. (2016). A comparison on the nutritional quality of proteins from *Moringa oleifera* leaves and seeds. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1-8.
- Natsir, H., Wahab, A.W., Budi, P., Dali, S., & Arif, A.R. (2019). Amino acid and mineral composition of *Moringa oleifera* leaves extract and its bioactivity as antioxidant. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317, 1-8.
- Netshiheni, K.R. (2019). Nutritional and sensory properties of instant maize porridge fortified with *Moringa oleifera* leaves and termite (*Macrotermes falciger*) powders. *Nutrition & Food Science*, 40(4), 654-667.
- Nisa, F., Subrata, A., & Pangestu, E. (2018). Kehilangan bahan kering, acid detergent fiber dan N-acid detergent fiber daun *Moringa oleifera* secara in vitro. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 13(3), 282-286.
- Nogalska, A., Momot, M., Sobczuk-szul, M., Pogorzelska-Przybylek, P., & Nogalski, Z. (2017). Calcium and magnesium content in the milk of high-yielding cows. *Journal of Elementology*, 22(3), 809-815.

- Oyeyinka, A.T., & Oyeyinka, S.A. (2018). *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17, 127-136.
- Padmasuri, K. (2015). *I'm a Happy Vegetarian, Gaya Hidup Sehat dengan Resep-Resep Vegetarian Pilihan*. Yogyakarta: Octopus Publishing House.
- Papandreou, D., Noor, Z.T., & Rashed, M. (2015). The role of soluble, insoluble fibers and their bioactive compounds in cancer: A mini review. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 1-11.
- Pérez-López, R., Cela, D., Costabile, A., Mateos-Aparicio, I., & Rupérez, P. (2016). In vitro fermentability and prebiotic potential of soyabean Okara by human faecal microbiota. *British Journal of Nutrition*, 116, 1116-1124.
- Permenkes RI. (2014). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 tentang Pedoman Gizi Seimbang*. Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Permenkes RI. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia*. Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Perry, J.R., & Ying, W. (2016). A Review of physiological effects of soluble and insoluble dietary fibers. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(2), 1-6.
- Premi, M., & Sharma, H.K. (2017). Effect of drumstick leaves powder on the rheological, micro-structural, and physico-functional properties of sponge cake and batter. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 11-21.
- Reddy, S.T., Soman, S.S., & Yee, J. (2018). Magnesium balance and measurement. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 25(3), 224-229.
- Rocchetti, G., Blasi, F., Montesano, D., Marcotullio, M.C., Sabatini, S., Cossignani, L., Lucini, L., Ghisoni, S., Marcotullio, M.C., Sabatini, S., Cossignani, L., & Lucini, L. (2019). Impact of conventional/non-conventional extraction methods on the untargeted phenolic profile of *Moringa oleifera* leaves. *Food Research International*, 115, 319-327.
- Roger, R.A., & Rawdkuen, S. (2020). Properties of *Moringa oleifera* leaf protein from alkaline-acid extraction. *Food and Applied Bioscience Journal*, 8(1), 43-67.
- Ruchdiansyah, D., Novidahlia, N., & Amalia, L. (2016). Formulasi kerupuk dengan penambahan daun kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Pertanian*, 7(2), 51-65.
- Sahay, S., Yadav, U., & Srinivasamurthy, S. (2017). Potential of *Moringa oleifera* as a functional food ingredient: A review. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2(5), 31-37.
- Salazar-Villanea, S., Hendriks, W.H., Bruininx, E.M.A.M., Gruppen, H., & van der Poel, A.F.B. (2016). Protein structural changes during processing of vegetable feed ingredients used in swine diets: implications for nutritional value. *Nutrition Research Reviews*, 29, 126-141.
- Saputra, D. (2014). Penentuan daya cerna protein in vitro ikan bawal (*Colossoma macropomum*) pada umur panen berbeda. *ComTech*, 5(2), 1127-1133.
- Sari, Y.K., & Adi, A.C. (2017). Daya terima, kadar protein, dan zat besi cookies substitusi tepung daun kelor dan tepung kecambah kedelai. *Media Gizi Indonesia*, 12(1), 27-33.
- Shiriki, D., Igyor, M.A., & Gernah, D.I. (2015). Nutritional evaluation of complementary food formulations from maize, soybean and peanut fortified with *Moringa oleifera* leaf powder. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 494-500.

- Simwaka, J.E., Chamba, M.V.M., Huiming, Z., Masamba, K.G., & Luo, Y. (2017). Effect of fermentation on physicochemical and antinutritional factors of complementary foods from millet, sorghum, pumpkin, and amaranth seed flours. *International Food Research Journal*, 24(5), 1869-1879.
- Spieldenner, J. (2016). The role of food fortification in addressing iron deficiency in infants and young children. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 115, 211-223.
- Srinivasamurthy, S., Yadav, U., Sahay, S., & Singh, A. (2017). Development of muffin by incorporation of dried *Moringa oleifera* (drumstick) leaf powder with enhanced micronutrient content. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2(4), 173-178.
- Stolterfoht, H., Rinnofer, C., Winkler, M., & Pichler, H. (2019). Recombinant lipoxygenases and hydroperoxide lyases for the synthesis of green leaf volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 13367-13392.
- Tekle, A., Belay, A., Kelem, K., Yohannes, M. W., Wodajo, B., & Tesfaye, Y. (2015). Nutritional profile of *Moringa stenopetala* species samples collected from different places in Ethiopia. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 5(5), 1100-1101.
- Tessera, G.M., Haile, A., & Kifle, E. (2015). Bioavailability of minerals in cookies developed from blend of moringa leaf powder and wheat flour for iron deficient lactating mothers. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 5(6), 226-232.
- Thurber, M.D., & Fahey, J.W. (2009). Adoption of *Moringa oleifera* to combat undernutrition viewed through the lens of the "Diffusion of Innovations" theory. *Ecol Food Nutr.*, 48(3), 212-225.
- USDA National Nutrient Database. (2015). *Drumstick Leaves, Raw*. U.S. Department of Agriculture.
- Valdiviá-Navarro, M., Martínez-Aguilar, Y., Mesa-Fleitas, O., Botello-Leon, A., Betancur Hurtado, C., & Velázquez-Martí, B. (2020). Review of *Moringa oleifera* as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 260(2), 114338.
- Voet, D., & Voet, J. (2011). *Biochemistry* (4th ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Wahyuni, R., & Nugroho, M. (2015). Pengaruh penambahan konsentrat protein daun kelor terhadap sifat fisikokimia dan organoleptik beras mocaf. *Agrika, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 18(2), 166-182.
- Wahyuni, R., Wignyanto, W., Wijana, S., & Sucipto, S. (2021). Optimization of foam mat drying process of moringa leaf powder (*Moringa oleifera*) as protein and amino acids sources. *Food Research*, 5(2), 418-426.
- Zakaria, Asbar, R., Sukmawati, & Sarmila. (2019). Karakteristik makanan pendamping ASI instan lokal menggunakan campuran tepung beras merah dan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*). *Media Gizi Pangan*, 26(1), 16-22.
- Zaku, S.G., Emmanuel, S., Tukur, A.A., & Kabir, A. (2015). *Moringa oleifera*: an underutilized tree in Nigeria with amazing versatility: a Review. *African Journal of Food Science*, 9(9), 456-461.