



Pengaruh Substitusi Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap Kadar Zat Besi dan Vitamin C Crackers

Devina Kemala Pratidina¹, Sudrajah Warajati Kisnawaty², Pramudya Kurnia³

^{1,2,3}Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Sukoharjo, Indonesia

Email: ¹devinakemala1@gmail.com, ²swk329@ums.ac.id

Abstract

An increase up to 50% in blood volume during pregnancy leads to a heightened demand for vitamin C and iron, which are essential for supporting erythrocyte formation and facilitating iron absorption. One plant rich in vitamins A, B, C, and bioavailable iron is Moringa leaves. Moringa leaf flour can be utilized as a substitute ingredient in various food products, including crackers. This study was conducted to examine the effect of substituting Moringa oleifera leaf flour on the iron and vitamin C content of cracker products. An experimental research design was employed using a Completely Randomized Design (CRD) with four substitution levels. Analytical methods were carried out using ICP-OES and HPLC for iron and vitamin C content. The Kruskal-Wallis test and the Mann-Whitney test were utilized to analyze the data obtained from the study. The results indicate that the incorporation of Moringa leaf flour has a significant effect on the iron and vitamin C content of crackers ($p \leq 0.05$). Iron content increased at 10% and 15% substitution levels, then decreased at 20% substitution. Vitamin C content decreased as moringa leaf flour substitution increased, from 0.44 mg at 0% substitution to 0.16 mg at 20% substitution. The decrease in vitamin C content was due to high-temperature baking, which caused damage, and exposure to oxygen during molding, triggering oxidation. The iron and vitamin C content in the cracker products was significantly influenced by the substitution of moringa leaf flour.

Keywords: Crackers, Moringa Leaves, Moringa Leaf Flour, Iron, Vitamin C.

Abstrak

Meningkatnya volume darah hingga 50% saat kehamilan menyebabkan kebutuhan vitamin C serta zat besi ibu hamil juga mengalami peningkatan guna mendukung terbentuknya sel darah merah serta absorpsi zat besi. Satu di antara tumbuhan yang kaya akan vitamin A, B, C serta zat besi yang mudah diserap tubuh adalah daun kelor. Tepung daun kelor bisa dimanfaatkan menjadi bahan substitusi pada beragam produk termasuk crackers. Penyelenggaraan studi ini bertujuan guna mengetahui pengaruh substitusi tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar zat besi dan vitamin C produk crackers. Penelitian eksperimental diterapkan pada studi ini dengan Rancangan Acak Lengkap empat perlakuan substitusi tepung daun kelor (0%, 10%, 15%, dan 20%). Metode analisis diaplikasikan melalui ICP-OES dan HPLC untuk kadar zat besi serta vitamin C. Uji Kruskal Wallis serta uji Man Whitney diaplikasikan guna menganalisis data hasil studi. Pemanfaatan tepung daun kelor memiliki pengaruh signifikan pada kadar zat besi serta vitamin C pada produk crackers ($p \leq 0,05$). Kadar zat besi meningkat pada substitusi 10% dan 15% kemudian menurun pada substitusi 20%. Kadar vitamin C menurun seiring dengan bertambahnya substitusi tepung daun kelor yaitu 0,44 mg pada substitusi 0% menjadi 0,16 mg pada substitusi 20%. Penurunan kadar vitamin C terjadi akibat pemanggangan suhu tinggi yang menyebabkan kerusakan serta paparan oksigen selama pencetakan, yang memicu proses oksidasi. Kadar zat besi dan vitamin C pada produk crackers secara signifikan dipengaruhi oleh substitusi tepung daun kelor.

Kata Kunci: Crackers, Daun Kelor, Tepung Daun Kelor, Zat Besi, Vitamin C.

1. PENDAHULUAN

Kualitas sumber daya manusia (SDM) pada masa mendatang sangat ditentukan oleh fase kehamilan. Hal ini dikarenakan kondisi individu sejak fase janin di dalam kandungan menjadi penentu utama bagi proses pertumbuhan dan perkembangan. Oleh karena itu, anemia defisiensi zat besi menjadi satu di antara permasalahan gizi yang kerap dihadapi ibu hamil (Sulaiman et al., 2022). Anemia dapat didefinisikan sebagai keadaan ketika kebutuhan fisiologis tubuh tidak terpenuhi akibat insufisiensi jumlah sel darah merah yang tingkat kebutuhannya dipengaruhi oleh jenis kelamin, fase kehamilan, umur, tempat tinggal, dan kebiasaan merokok (Nitia & Hastuty, 2022). Kondisi kekurangan hemoglobin (Hb) dalam darah dapat menimpa ibu hamil bila kadar Hb < 11 g/dL. Anemia yang terjadi pada ibu hamil termasuk tinggi, yakni pada rentang usia 15-24 mencapai 84,6%, pada rentang usia 35-44 mencapai 33,6%, dan pada rentang usia sebesar 24% (Kemenkes, 2018).

Masalah anemia pada ibu hamil yang masih tinggi tidak hanya menjadi isu kesehatan masyarakat, tetapi juga membuka peluang pasar (market opportunity) bagi pengembangan produk pangan fungsional yang kaya zat besi dan vitamin C. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan nyata terhadap intervensi berbasis pangan yang praktis dan efektif. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan, permintaan terhadap produk pangan fungsional yang memiliki manfaat tambahan juga terus meningkat, sehingga menciptakan peluang bagi industri pangan untuk mengembangkan produk inovatif yang tidak hanya bergizi tetapi juga mudah dikonsumsi. (Hasanah et al., 2024).

Namun demikian, peluang pasar tersebut harus diimbangi dengan kemampuan manajemen produksi dalam menjaga konsistensi kualitas nutrisi produk. Tantangan utama dalam pengembangan pangan fungsional adalah stabilitas zat gizi, terutama vitamin C yang mudah terdegradasi akibat panas, oksigen, dan proses pengolahan. Selain itu, anemia pada ibu hamil juga terbukti berkaitan dengan berbagai faktor seperti status gizi, pola makan, dan kondisi sosial ekonomi, sehingga produk yang dikembangkan harus mampu mempertahankan kandungannya secara optimal agar memberikan manfaat yang nyata (Fitri & Kusumajaya, 2025).

Kehamilan menyebabkan peningkatan volume plasma lebih besar dibanding massa eritrosit, sehingga menyebabkan terjadinya hemodilusi fisiologis yang berdampak pada penurunan Hb. Terjadinya peningkatan produksi sel darah merah juga mengakibatkan meningkatnya angka kebutuhan zat besi. Hal tersebut memicu timbulnya kejadian anemia defisiensi besi karena asupan, cadangan, maupun zat besi yang diserap tidak tercukupi. Anemia pada ibu hamil berisiko menimbulkan kelelahan, komplikasi persalinan, serta dampak perinatal seperti BBLR, prematuritas, dan kematian neonatal (WHO, 2024). Hal tersebut dapat dicegah dengan melakukan konsumsi rutin makanan yang mengandung tinggi zat besi serta suplemen zat besi (Ermanto & Jati, 2025).

Selama kehamilan, volume darah mengalami peningkatan sekitar 50%. Hal ini terjadi agar nutrisi janin serta kebutuhan oksigen dapat terpenuhi, akibatnya kebutuhan zat besi meningkat guna mendukung terbentuknya sel darah merah (Ilma et al., 2022). Peranan krusial pada sintesis hemoglobin yang diperlukan untuk proses pembentukan darah dimiliki oleh zat besi. Hemoglobin bertugas mengikat dan mendistribusikan oksigen ke seluruh tubuh. Di sisi lain, vitamin C, sebagai vitamin larut air, tidak hanya berfungsi menjaga sistem imun, tetapi juga membantu dalam optimalisasi penyerapan zat besi (Bambang et al., 2024). Selain itu, vitamin C juga mempermudah penyerapan zat besi melalui reduksi ferri menjadi ferro yang terjadi di usus halus, sehingga lebih mudah diserap. Zat besi non-heme menjadi satu di antara zat besi dari bahan nabati yang dapat

diserap tubuh. Peningkatan hingga empat kali lipat dalam penyerapan zat besi non-heme dapat terjadi dengan mengonsumsi asupan vitamin C sebesar 25-75 mg (Dewi et al., 2022). Peningkatan vitamin C serta asupan zat besi dapat dilakukan dengan konsumsi makanan tambahan (MT) berupa *crackers*.

Menurut Kemenkes (2019), kebutuhan harian ibu hamil adalah 85 mg vitamin C serta 27 mg zat besi. Biskuit PMT mengandung 11,39 mg zat besi (ferro fumarat) per sajian sehingga dapat membantu memenuhi kebutuhan zat besi dan mendukung pencegahan anemia. Namun, banyak ibu hamil tidak rutin mengonsumsinya karena teksturnya keras, rasanya terlalu manis, aromanya kurang disukai, serta menimbulkan rasa eneg dan bosan (Arami et al., 2025). Selaras dengan penelitian Kurnianti & Mardiana (2022) yang menemukan bahwa ibu hamil di Puskesmas Pekalongan Selatan tidak rutin mengonsumsi biskuit PMT karena merasa eneg dan tidak suka dengan rasanya.

Kandungan zat besi yang melimpah dapat ditemukan pada daun kelor (*Moringa oleifera*) (Goa & Febriyanti, 2022). Menurut Manggara & Shofi (2018), daun kelor mengandung zat besi yang lebih tinggi dibandingkan sayuran lain, yaitu mencapai 20,49 mg /100 gram. Daun kelor sangat kaya akan zat besi yang dapat membantu ibu hamil yang mengalami anemia, karena kandungan zat besinya bisa mencapai 25 kali lebih banyak dibandingkan bayam. Kandungan vitamin C daun kelor melebihi hingga tujuh kalinya kandungan vitamin C pada jeruk, kalsium yang kuantitasnya melebihi kalsium pada susu hingga empat kalinya, kalium yang mencapai tiga kali lipat dari pisang, vitamin A yang melebihi hingga empat kalinya vitamin A pada wortel, protein yang dua kali lipatnya dari yoghurt serta sebanding dengan kandungan pada telur (Hatim & Maulina, 2025). Namun, daun kelor segar mudah rusak sehingga perlu diolah menjadi tepung supaya masa penyimpanannya lebih lama. Tepung tersebut bermanfaat menjadi bahan substitusi dalam berbagai produk termasuk *crackers*, yaitu makanan ringan yang berstruktur renyah dan umumnya terbuat dari tepung terigu, lemak, garam, dan ragi (Selawati et al., 2024).

Tingginya kadar zat besi (Fe) yang terdapat dalam bentuk olahan tepung tersebut mencapai 25 kali lebih tinggi dibandingkan kadar Fe yang terdapat pada bayam, sehingga dapat menjadi salah satu solusi alami untuk mengatasi permasalahan anemia (Nitia & Hastuty, 2022). Zat besi serta vitamin C dalam pengembangan *crackers* ditingkatkan dengan penambahan tepung daun kelor. Berdasarkan penelitian Novitaroh et al (2022) menunjukkan tingginya kadar zat besi ditemukan pada substitusi 15 gram (15,5%) dan terendah pada kontrol (3,4%), seiring dengan meningkatnya konsentrasi daun kelor. Penelitian Wahyuni (2024) juga mengindikasikan bahwa dengan menambahkan tepung daun kelor pada *cookies* daun kelor menghasilkan tingginya vitamin C sekitar 89,28 mg/100 gr. Hal tersebut karena penambahan proporsi tepung daun kelor dapat berimplikasi langsung terhadap kadar vitamin C dalam produk. Penelitian ini memiliki tujuan guna mengetahui pengaruh substitusi tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar zat besi dan vitamin C produk *crackers*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian eksperimental diaplikasikan pada studi ini guna mengetahui pengaruh variasi konsentrasi substitusi tepung daun kelor terhadap kadar zat besi dan vitamin C produk *crackers*. Rancangan Acak Lengkap (RAL) diterapkan dengan empat buah perlakuan substitusi daun kelor yakni perlakuan 0% sebagai kontrol, 10%, 15%, dan 20%. Setiap sampel *crackers* dilakukan 2 kali pengulangan kemudian dilakukan analisis vitamin C serta kadar zat besi sebanyak 2 kali (duplo) untuk setiap sampel sehingga menghasilkan 16 satuan percobaan untuk setiap analisis. Laboratorium Saraswanti Indo

Genetech, Pedalangan, Kec. Banyumanik, Kota Semarang, Jawa Tengah menjadi tempat diselenggarakannya pengujian vitamin C serta kadar zat besi.

Perbedaan perlakuan substitusi digunakan sebagai tahapan eksplorasi formulasi untuk mengevaluasi bagaimana setiap tingkat substitusi memengaruhi kualitas produk, baik dari segi kandungan zat besi dan vitamin C maupun stabilitas selama proses pengolahan. Dengan adanya perbedaan tingkat substitusi didapatkan substitusi manakah yang memiliki nilai tambah gizi secara signifikan tanpa menurunkan kualitas produk secara berlebihan serta tetap efisien dan layak untuk diterapkan dalam skala produksi. Perbedaan substitusi ini berguna untuk memperoleh kombinasi terbaik antara kualitas, biaya, dan kemudahan proses produksi (Singgih & Harijono, 2015)

Alat yang digunakan untuk membuat *crackers* meliputi timbangan digital, sendok, oven listrik, garpu, wadah untuk bahan, loyang adonan, talenan, *napkin*, *noodle maker*, gelas. Kemudian bahan untuk pembuatan *crackers* meliputi tepung daun kelor merk Morifa, tepung terigu, ragi, *baking powder*, susu skim, garam, gula, mentega, dan air. Untuk menganalisis kadar vitamin C melalui metode HPLC, sedangkan metode ICP-OES digunakan untuk menganalisis kadar zat besi. Peralatan guna menguji kadar zat besi meliputi *spectofotometry* ICP-OES, pipet ukur, labu takar, gelas ukur, neraca analitik, batang pengaduk, pipet volume, umping, alu, *detector*, *membrane filter*, dan *hot plate*. Bahan yang digunakan untuk uji zat besi yaitu sampel *crackers*, tepung daun kelor “Morifa”, HNO₃, ammonium tio sianat 1,5M, dan aquadest. Alat yang digunakan untuk uji kadar vitamin C meliputi neraca analitik, labu ukur, membran filter, sentrifus, sonikator, batang pengaduk, lumpang dan alu, detektor UV-Vis, sistem HPLC (pump & injector). Sedangkan bahan yang digunakan untuk uji kadar vitamin C yaitu sampel *crackers*, tepung daun kelor “Morifa”, larutan standar iodium 0,01N, indikator Amilum 1%, dan aquadest.

Pengujian kadar zat besi dimulai dengan membuat deret standar (minimal 6 konsentrasi), kemudian sampel dihaluskan, ditimbang, dan ditambahkan HNO₃ serta didiamkan 15 menit. Sampel selanjutnya didestruksi menggunakan microwave digester, setelah proses destruksi selesai maka hasil destruksi dipindahkan ke labu ukur 50 mL, diikuti dengan penambahan standar internal yttrium. Kemudian, dilakukan pengenceran larutan menggunakan akuabides sampai dihasilkan tanda tera pada labu ukur, lalu dihomogenkan dengan cara dikocok atau dibolak-balik. Setelah disaring, larutan diukur menggunakan ICP-OES pada panjang gelombang tertentu.

Pengujian kadar vitamin C diawali dengan pembuatan deret standar paling sedikitnya enam buah titik konsentrasi pada labu ukur dengan daya tampung 10 mL. Kemudian, menghaluskan serta menimbang sampel sesuai porsi uji ke dalam labu ukur yang sesuai, lalu larutan asam metafosfat ditambahkan sampai mencapai setengah volume. Selama 15 menit, campuran disonikasi untuk membantu ekstraksi, kemudian larutan asam metafosfat ditambahkan kembali sampai tanda tera dan dihomogenkan. Setelah itu, larutan uji dimasukkan pada tube 2 mL dan disentrifugasi, kemudian digunakan *syringe filter* 0,45 µm untuk menyaring supernatan ke dalam vial 2 mL. Tahap akhir dilakukan dengan menginjeksikan larutan ke dalam sistem HPLC untuk analisis kadar vitamin C.

Data hasil pengukuran perlu dikumpulkan terlebih dahulu serta disusun secara sistematis untuk setiap perlakuan. Selanjutnya, pengujian normalitas dilakukan melalui metode Saphiro-Wilk dengan tujuan guna memastikan bahwa data terdistribusi normal. Selain itu, juga dilakukan pengujian homogenitas melalui uji Levene guna melihat kesamaan varians antar kelompok perlakuan. Tahap berikutnya melibatkan pengolahan data melalui pendekatan statistik non-parametrik (Uji *Kruskal Wallis*), lalu diperdalam dengan *Uji Man Whitney* guna memperoleh data adanya beda antar perlakuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Kadar Zat Besi

Pada studi ini terdapat empat perlakuan yang dilakukan yaitu perlakuan 0%, 10%, 15%, dan 20%. Data dianalisis melalui uji Kruskal Wallis. Selanjutnya, di uji lebih lanjut dengan menggunakan Man Whitney guna mengetahui adanya beda antar perlakuan. Berikut hasil uji kadar zat besi dari keempat perlakuan yang tampak dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kadar Zat Besi *Crackers* Daun Kelor

Perlakuan Substitusi Tepung Daun Kelor	Rata-rata Kadar Zat Besi
0%	4,33 ± 0,02 ^a
10%	5,27 ± 0,19 ^b
15%	5,34 ± 0,18 ^{bc}
20%	4,94 ± 0,36 ^{bc}
Nilai sig (<i>p value</i>)	0,019

Keterangan: a,b = notasi huruf yang tidak serupa mengindikasikan terdapat perbedaan yang nyata pada Uji Man Whitney pada nilai kepercayaan 95%, sementara huruf serupa menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata Uji Man Whitney pada nilai kepercayaan 5%.

Pada Tabel 1 disajikan hasil analisis kadar zat besi pada produk *crackers* dengan berbagai perlakuan substitusi tepung daun kelor. Mengacu dari hasil pengujian statistik, diketahui bahwa terdapat perbedaan nyata antara perlakuan 0% tepung daun kelor dengan perlakuan 10%, 15%, serta 20% yang signifikan. Sementara itu, pada perlakuan substitusi 10% tidak ditemukan perbedaan dengan perlakuan 15% dan 20% yang signifikan. Kemudian perlakuan 15% juga tidak memiliki perbedaan nyata dengan perlakuan 20%. Meskipun demikian, jika dilihat dari nilai rerata kadar zat besi yang dihasilkan, perlakuan substitusi 15% menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Selanjutnya diikuti oleh perlakuan 10% dan 20%, yang masing-masing memiliki nilai rata-rata lebih rendah dibandingkan 15% namun masih lebih tinggi dibandingkan perlakuan 0%.

Hasil dari penganalisisan mengindikasikan bahwa kadar zat besi *crackers* substitusi tepung daun kelor bervariasi di antara perlakuan tersebut. Nilai maksimum kadar zat besi sebesar 5,34 mg/100 g teridentifikasi pada perlakuan dengan tingkat substitusi 15%. Nilai ini kemudian diikuti oleh perlakuan 10% memiliki kadar zat besi mencapai 5,27 mg/100 g, serta perlakuan 20% dengan kadar zat besi sebesar 4,94 mg/100 g. Sementara itu, sebesar 4,33 mg per 100 g menjadi nilai terendah untuk kadar zat besi, yang terdapat dalam perlakuan 0%. Dan diperoleh nilai $p=0,019$ ($p \leq 0,05$) dari hasil pengujian statistik dengan uji Kruskal-Wallis yang mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh substitusi tepung daun kelor terhadap kadar zat besi pada produk *crackers*. Selanjutnya, perbedaan signifikan antar perlakuan teridentifikasi melalui analisis *Man-Whitney*, khususnya pada substitusi 0% terhadap 10%, 0% terhadap 15%, serta 0% terhadap 20%.

Berdasarkan hasil tersebut didapatkan bahwa terdapat kenaikan pada kadar zat besi di setiap perlakuan. Peningkatan kadar zat besi pada *crackers* terjadi sejalan dengan bertambahnya proporsi substitusi tepung daun kelor. Tingginya kandungan zat besi pada *crackers* disebabkan karena pemanfaatan daun kelor yang lebih tinggi zat besinya dibanding tepung terigu sebagai bahan dasar utama. Penambahan daun kelor dalam formulasi produk berkontribusi terhadap peningkatan kandungan zat besi secara keseluruhan, sehingga bertambahnya proporsi daun kelor yang dimanfaatkan, menghasilkan peningkatan kadar zat besi. Selaras dengan studi yang diselenggarakan Mazaya & Sarbini (2025) mengemukakan bahwa kadar zat besi yang mencapai tingkat maksimum sebesar 6,18 mg teridentifikasi pada formulasi *cookies* daun kelor yang

ditambahkan sebanyak 7,5%, sedangkan nilai minimum sebesar 1,91 mg ditemukan pada produk tanpa substitusi daun kelor (*Moringa oleifera*) sebesar 0%. Dengan demikian, peningkatan proporsi daun kelor berimplikasi langsung terhadap peningkatan kadar zat besi.

Pada perlakuan substitusi 20% terjadi penurunan kadar zat besi diduga dapat disebabkan oleh kurangnya ketelitian selama proses pengolahan, baik pada tahap pencampuran bahan maupun saat proses pemasakan. Ketidakhomogenan dalam pengolahan ini memungkinkan distribusi tepung daun kelor dalam adonan tidak merata, sehingga kandungan zat besi pada produk akhir menjadi tidak konsisten. Hal tersebut selaras dengan studi Rate et al (2023) mengindikasikan bahwasanya secara teoritis, meningkatnya kadar zat besi terjadi bersamaan dengan bertambahnya kuantitas tepung daun kelor. Akan tetapi, hasil penelitian tersebut justru ditemukan adanya fluktuasi kandungan zat besi. Kondisi ini diduga terjadi akibat penyebaran tepung daun kelor yang kurang merata pada saat proses pencampuran adonan biskuit. Akibatnya, terdapat beberapa bagian biskuit yang mengandung tepung daun kelor dalam jumlah lebih tinggi, sementara bagian lainnya mengandung lebih sedikit.

Penurunan kadar zat besi pada perlakuan 20% juga diduga dikarenakan proses pemanggangan *crackers* substitusi tepung daun kelor dan metode pengeringan pada tepung daun kelor itu sendiri. Hal tersebut selaras dengan studi Wahyani & Rahmawati (2021) yang menunjukkan adanya kandungan zat besi dari tepung sorgum yang lebih rendah dibanding dengan cookies sorgum. Proses pemanasan selama tahapan mengolah produk menjadi alasan menurunnya kadar zat besi dalam produk cookies. Proses tersebut mampu menurunkan komponen heme, sehingga mengakibatkan rendahnya bioavailabilitas heme iron. Selain itu, durasi pemanasan yang semakin lama berdampak pada rendahnya solubility zat besi.

Kandungan senyawa antinutrisi seperti tanin, fitat, dan oksalat pada tepung daun kelor membuat terhambatnya absorpsi zat besi pada tubuh. Senyawa-senyawa tersebut bekerja dengan cara mengikat mineral, termasuk zat besi, dan terbentuk kompleks yang tidak larut sehingga sulit diserap oleh saluran pencernaan. Akibatnya, meskipun kandungan zat besi dalam bahan pangan cukup tinggi, bioavailabilitasnya menjadi menurun. Selain itu, produk berbasis daun kelor diketahui mengandung berbagai antinutrisi seperti fitat, tanin, dan oksalat yang dapat memengaruhi pemanfaatan zat gizi, khususnya pada tingkat konsumsi yang tinggi (Egbu et al., 2024). Studi terbaru juga mengindikasikan bahwa daun kelor, terutama pada tingkat kematangan tertentu, memiliki kandungan oksalat, tanin, dan asam fitat yang relatif tinggi, sehingga berpotensi menghambat absorpsi mineral seperti zat besi (Perveen et al., 2025).

Kebutuhan zat besi sebagai makanan tambahan ibu hamil yaitu memerlukan 23,5% dari total kebutuhan serat (Kemenkes, 2023). Kadar zat besi yang tertinggi terdapat pada substitusi 15%, diperoleh bahwa untuk memenuhi kebutuhan sebagai makanan tambahan ibu hamil diperlukan konsumsi sekitar 118 gram *crackers*, yang setara dengan kurang lebih 100 keping *crackers*. Hal tersebut memperlihatkan bahwasanya substitusi tepung daun kelor pada produk *crackers* berpotensi cukup besar untuk dikembangkan sebagai alternatif makanan tambahan yang bernilai gizi tinggi.

3.2. Uji Kadar Vitamin C

Pada penelitian ini terdapat empat perlakuan yang dilakukan yaitu perlakuan 0%, 10%, 15%, dan 20%. Data dianalisis melalui uji Kruskal Wallis. Selanjutnya, di uji lebih lanjut dengan menggunakan Man Whitney guna memperoleh data terkait kehadiran beda antarperlakuan. Hasil uji kadar zat besi dari keempat perlakuan tersebut disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Vitamin C *Crackers* Daun Kelor

Perlakuan Substitusi Tepung Daun Kelor	Rata-Rata Kadar Zat Besi
0%	0,44 ± 0,21 ^a
10%	0,23 ± 0,005 ^b
15%	0,21 ± 0,009 ^c
20%	0,16 ± 0,01 ^d
Nilai sig (<i>p value</i>)	0,003

Keterangan: a,b = notasi huruf yang tidak serupa mengindikasikan adanya perbedaan yang nyata pada Uji Man Whitney pada nilai kepercayaan 95%, sementara huruf serupa menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata pada Uji Man Whitney pada nilai kepercayaan 5%.

Pada Tabel 2 disajikan hasil analisis kadar zat besi pada produk dengan berbagai tingkat perlakuan substitusi tepung daun kelor, yaitu 0%, 10%, 15%, dan 20%. Berdasarkan hasil uji statistik yang dilakukan, diketahui bahwa perlakuan tanpa substitusi (0%) menunjukkan perbedaan yang nyata dengan seluruh perlakuan yang menggunakan substitusi, yaitu 10%, 15%, dan 20%. Selanjutnya, perlakuan substitusi 10% juga mengindikasikan adanya perbedaan nyata dengan perlakuan 15% dan 20%. Demikian pula, pada substitusi 15% juga memiliki perbedaan yang nyata dengan perlakuan 20%. Hal tersebut mengindikasikan adanya perbedaan nyata pada setiap perlakuan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar vitamin C pada *crackers* dengan substitusi tepung daun kelor bervariasi pada setiap perlakuan yang diberikan. Kadar vitamin C tertinggi mencapai 0,44 mg/100 g ditemukan di perlakuan tanpa substitusi (0%). Nilai ini kemudian diikuti oleh perlakuan substitusi 10% sebesar 0,23 mg/100 g, selanjutnya pada perlakuan 15% sebesar 0,21 mg/100 g. Sementara itu, nilai terendah untuk kandungan vitamin C teridentifikasi pada perlakuan dengan tingkat substitusi 20%, yakni sebesar 0,16 mg/100 g. Signifikansi perbedaan antar perlakuan yang dianalisis melalui uji Kruskal Wallis didapatkan hasil $p = 0,003$ ($p \leq 0,05$) yang mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh substitusi tepung daun kelor terhadap kadar vitamin C pada produk *crackers*. Lebih lanjut, adanya perbedaan nyata antar perlakuan 0%, 10%, 15%, dan 20% teridentifikasi melalui hasil uji Mann Whitney. Substitusi 10% dapat dianggap sebagai tingkat yang paling optimal, karena masih mampu mempertahankan kadar vitamin C yang relatif lebih tinggi dibandingkan substitusi yang lebih besar, sekaligus memberikan nilai tambah dari kandungan zat besi tepung daun kelor.

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar vitamin C pada setiap perlakuan. Semakin tinggi substitusi tepung daun kelor yang digunakan maka semakin menurun kadar vitamin C pada produk *crackers*. Hal tersebut dikarenakan oleh lamanya proses pemanggangan, dari oven tersebut menimbulkan suhu yang semakin meningkat walaupun sudah di setting pada suhu yang sama. Penurunan konsentrasi vitamin C terjadi seiring dengan lamanya durasi pemanasan. Fenomena ini dipicu oleh kenaikan temperatur yang berimplikasi pada membesarnya konstanta laju reaksi sehingga kadar vitamin C yang mengalami degradasi meningkat secara signifikan. Pada kondisi suhu tinggi, struktur molekuler vitamin C mengalami disrupsi akibat terputusnya ikatan-ikatan kimia penyusunnya, sehingga vitamin C mengalami kerusakan. Selain itu, vitamin C yang dipanaskan terlalu lama, dapat menyebabkan terjadinya oksidasi sehingga terjadi penurunan kandungan yang terdapat pada vitamin C dalam sampel tersebut (Septyani, 2021).

Sifat sangat sensitif terhadap panas dimiliki oleh vitamin C. Nutrisi tersebut mudah terdegradasi pada suhu tinggi, pH tinggi, media yang mengandung air, dan kehadiran oksigen serta ion logam (Tonhawi & Musfiroh, 2023). Selaras dengan penelitian

Damayanti & Prasetya (2021) mengindikasikan bahwa pemanasan vitamin C dalam rentang 30 menit di oven bersuhu 150°C dapat menyebabkan penurunan kadar vitamin C secara signifikan, yaitu dari 0,17% pada kondisi tanpa pemanasan menjadi 0,06% setelah pemanasan. Temuan ini menunjukkan bahwa vitamin C sangat rentan terhadap suhu tinggi selama proses pengolahan. Selain itu, hasil penelitian Paramita (2023) mengenai kadar vitamin C pada daun kelor dipengaruhi oleh metode pengeringan juga mendukung pernyataan tersebut. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar vitamin C yang signifikan akibat pemanasan bersuhu 40°C, 50°C, dan 60°C. Kadar vitamin C yang awalnya sebesar 192,07 mg/100 g tanpa perlakuan menurun drastis menjadi 15,82 mg/100 g pada suhu 40°C, 6,45 mg/100 g pada suhu 50°C, dan 2,93 mg/100 g pada suhu 60°C. Hal ini menunjukkan kadar vitamin C yang menurun disebabkan karena selama proses pengolahan menggunakan suhu yang tinggi.

Penurunan kadar vitamin C dapat dipicu oleh kondisi penyimpanan produk semasa proses pencetakan yang tidak memanfaatkan wadah tertutup, sehingga memungkinkan terjadinya paparan oksigen. Keberadaan oksigen tersebut berperan dalam memicu reaksi oksidasi yang menyebabkan berkurangnya kandungan vitamin C. Dalam hal ini, keberadaan oksigen selama penyimpanan menjadi faktor krusial penentu stabilitas vitamin C. Perannya sebagai substrat utama pada reaksi oksidasi asam askorbat berlangsung melalui katalisis enzim askorbat oksidase. Paparan oksigen yang tinggi selama penyimpanan mempercepat perubahan asam askorbat menjadi dehidroaskorbat, yang selanjutnya mengalami degradasi menjadi senyawa yang tidak aktif. Sebaliknya, pada kondisi simpan dengan ketersediaan oksigen yang diminimalkan, misalnya dalam sistem pengemasan hermetik atau atmosfer termodifikasi mekanisme oksidatif tersebut mengalami retardasi, sehingga stabilitas serta retensi kadar vitamin C dapat lebih terjaga (Ramadhany et al., 2025).

Penyimpanan terbuka (terpapar udara/oksigen) secara signifikan menurunkan kadar vitamin C akibat proses oksidasi yang cepat. Suhu kamar atau suhu yang lebih tinggi mempercepat degradasi ini, terutama jika terkena sinar matahari langsung. Nutrisi ini menjadi tidak stabil dan rusak, mengurangi khasiatnya dalam produk pangan (Hendrika & Bali, 2025). Laju kerusakan vitamin C dapat terjadi dengan sangat cepat karena disimpan pada suhu kamar, di mana intensitas paparan oksigen serta suhunya lebih tinggi, sehingga mempercepat proses oksidasi vitamin C. Selain itu, percepatan degradasi tersebut juga dipengaruhi oleh karakteristik wadah penyimpanan yang tidak bersifat kedap udara. Apabila wadah penyimpanan yang digunakan tidak tertutup dengan rapat, maka menyebabkan semakin besarnya paparan oksigen sehingga mempercepat berlangsungnya proses oksidasi vitamin C (Nurhidayati et al., 2023).

Variasi kadar vitamin C yang menurun secara konsisten menunjukkan bahwa parameter proses seperti suhu, waktu pemanggangan, dan paparan oksigen belum dikendalikan secara maksimal. Hal ini mengindikasikan perlunya perbaikan dalam Standar Operasional Prosedur (SOP) produksi, seperti pengendalian suhu oven yang lebih stabil, pengaturan waktu pemanggangan yang lebih efisien, serta upaya meminimalkan paparan oksigen selama proses pencetakan dan penyimpanan. Penyimpanan sebaiknya menggunakan wadah tertutup sehingga meminimalkan paparan oksigen.

4. KESIMPULAN

Crackers dengan substitusi tepung daun kelor sejumlah 15% sebesar 5,34 mg terbukti mengandung zat besi tertinggi. Nilai ini kemudian diikuti oleh substitusi 10% sebesar 5,27 mg, substitusi 20% sebesar 4,94 mg, dan yang terendah pada tanpa substitusi

(0%) sebesar 4,33 mg. Disisi lain, kadar vitamin C tertinggi justru ditemukan pada *crackers* tanpa substitusi tepung daun kelor (0%) yaitu sejumlah 0,44 mg. Kadar ini kemudian menurun secara bertahap pada substitusi 10% sebesar 0,23 mg, 15% sebesar 0,21 mg, dan terendah pada 20% sebesar 0,16 mg. Mengacu dari hasil pengujian statistik *Kruskal-Wallis*, diketahui nilai untuk kadar zat besi adalah $p = 0,019$ serta nilai untuk kadar vitamin C adalah $p = 0,003$. Nilai tersebut mengindikasikan adanya kadar zat besi serta vitamin C pada produk *crackers* dipengaruhi secara signifikan oleh substitusi tepung daun kelor. Pada perlakuan substitusi 15% ditemukan kadar zat besi yang tertinggi, diperoleh bahwa untuk memenuhi kebutuhan sebagai makanan tambahan ibu hamil diperlukan konsumsi sekitar 118 gram *crackers*, yang setara dengan kurang lebih 100 keping *crackers*. Hal tersebut menjadi penanda bahwasanya substitusi tepung daun kelor dalam produk *crackers* berpotensi cukup besar untuk dikembangkan sebagai alternatif makanan tambahan yang bernilai gizi tinggi, khususnya dalam membantu mencukupi kebutuhan zat besi pada ibu hamil. Penurunan kadar vitamin C dapat diminimalkan melalui perbaikan SOP produksi, seperti pengendalian suhu, waktu pemanggangan, dan paparan oksigen. Substitusi tepung daun kelor 10% merupakan tingkat paling optimal karena mampu menjaga kadar vitamin C relatif lebih tinggi sekaligus meningkatkan kandungan zat besi. Disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan lebih hati-hati yaitu pada saat proses persiapan dan pencetakan sebaiknya produk disimpan dalam wadah tertutup untuk meminimalkan paparan dengan oksigen.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terimakasih secara khusus diberikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, dan dukungan selama proses penyusunan penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada rekan satu tim atas kerjasama serta dukungan yang diberikan. Selain itu, kepada orangtua serta keluarga yang selalu memberikan motivasi, doa, serta dukungan selama proses penelitian ini berlangsung.

REFERENCES

- Arami, A., Fitriani, & Farisni Teungku Nih. (2025). FAKTOR INTERNAL DAN EKSTERNAL TERHADAP DAYA TERIMA IBU HAMIL PADA PEMBERIAN MAKANAN TAMBAHAN BERBASIS PANGAN LOKAL. *JURNAL KESEHATAN EDISI*, 16(2), 2025. <https://ejournal.biges.ac.id/index.php/kesehatan/>
- Bambang, A. M. F., Nurmadilla, N., Wello, E. A., Safitri, A., & Kartika, I. diyana. (2024). Hubungan Antara Asupan Zat Besi dan Vitamin C dengan Kadar Hemoglobin Anggota TBM 110 FK UMI. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 4(10), 674–684. <https://doi.org/10.33096/fmj.v4i10.505>
- Damayanti, P. V., & Prasetya, I. G. N. J. A. (2021). Pengaruh Suhu terhadap Stabilitas Larutan Vitamin C (Acidum ascorbicum) dengan Metode Titrasi Iodometri. *CERATA Jurnal Ilmu Farmasi*, 12(2), 17–20. <https://doi.org/10.61902/cerata.v12i2.190>
- Dewi, P. D. K., Marfuah, D., & Andriyani, P. (2022). Hubungan Asupan Protein Dan Vitamin C Dengan Kadar Hemoglobin Remaja Putri Di Desa Donohudan Kabupaten Boyolali. *Profesi (Profesional Islam) : Media Publikasi Penelitian*, 20(1), 82–88. <https://doi.org/10.26576/profesi.v20i1.134>
- Egbu, C. F., Mulaudzi, A., Motsei, L. E., & Mnisi, C. M. (2024). Moringa oleifera products as nutraceuticals for sustainable poultry production. *Agriculture & Food Security*, 13(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s40066-024-00508-x>

- Ermanto, B., & Jati, B. L. (2025). Pencegahan Anemia pada Ibu Hamil melalui Edukasi Nutrisi dan Suplementasi Tepat Guna. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 6134–6138. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.2722>
- Fitri, M., & Kusumajaya, H. (2025). FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEJADIAN ANEMIA PADA IBU HAMIL DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS GERUNGANG KOTA PANGKALPINANG TAHUN 2024. *Jurnal Sehat Indonesia*, 7(2).
- Goa, M. Y., & Febriyanti, E. (2022). *Article Pengetahuan Ibu Hamil Dalam Mengonsumsi Tablet Fe di Kota Kupang*. <https://stikes-nhm.e-journal.id/OBJ/index>
- Hasanah, S. H., Liyana, A., Studi, P., Gizi, S., Kesehatan, I., Bunda, M., & Korespondensi, B. *. (2024). HUBUNGAN POLA MAKAN DENGAN KEJADIAN ANEMIA PADA IBU HAMIL: STUDI LITERATUR ASSOCIATION OF DIET PATTERNS WITH ANEMIA AMONG PREGNANT WOMEN: A LITERATURE STUDY. *Berkala Ilmiah Mahasiswa Ilmu Gizi Indonesia*, 11(1). <https://bimgi.or.id/>
- Hatim, N. Bin, & Maulina, R. (2025). Pengaruh Pemberian Daun Kelor Pada Ibu Hamil Terhadap Peningkatan Kadar Hb di UPTD Puskesmas Fiditan Kabupaten Maluku Tenggara Tahun 2025. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(2), 6124–6129. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1576>
- Hendrika, Y., & Bali, S. (2025). Pengaruh Kondisi dan Masa Penyimpanan terhadap Kadar Vitamin C pada Manisan Kedondong (*Spondias dulcis*). *JFARM - Jurnal Farmasi*, 3(1), 40–46. <https://doi.org/10.58794/jfarm.v3i1.1284>
- Ilma, N. N., Manek, B. D., & Mangngi, A. P. (2022). Edukasi Gizi dan Pencegahan Anemia dalam Upaya Promotif Kesehatan Masyarakat Di Wilayah GMT Kaisarea Kelurahan Kolhua Kecamatan Maulafa Kota Kupang. *Cakrawala: Jurnal Pengabdian Masyarakat Global*, 1(4), 57–62. <https://doi.org/10.30640/cakrawala.v1i4.365>
- Kemendes. (2018). *Laporan hasil riset kesehatan dasar (Riskesdas)*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kemendes RI. <https://repository.kemkes.go.id/book/1323>
- Kemendes. (2019). *Zat Gizi yang Penting bagi Ibu Hamil*. https://keslan.kemkes.go.id/view_artikel/2847/zat-gizi-yang-penting-bagi-ibu-hamil
- Kemendes. (2023). *Juknis Pemberian Makanan Tambahan (PMT) Berbahan Pangan Lokal untuk Balita dan Ibu Hamil*. <https://ayosehat.kemkes.go.id/juknis-pemberian-makanan-tambahan-pmt-berbahan-pangan-lokal-untuk-balita-dan-ibu-hamil>
- Kurnianti, D. A., & Mardiana. (2022). EVALUASI PROGRAM PMT-P PADA IBU HAMIL KEKURANGAN ENERGI KRONIK DI PUSKESMAS PEKALONGAN SELATAN. In *Sport and Nutrition Journal* (Vol. 4, Number 2). <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/spnj/>
- Manggara, A. B., & Shofi, Muh. (2018). Analisis Kandungan Mineral Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) Menggunakan Spektrometer XRF (X-Ray Fluorescence). *Akta Kimia Indonesia*, 3(1), 104. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v3i1.3095>
- Mazaya, S. 'Ainil, & Sarbini, D. (2025). KANDUNGAN ZAT BESI DAN DAYA TERIMA COOKIES DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) SEBAGAI LANGKAH PREVENTIF STUNTING PADA BALITA. *PREPOTIF: JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT*, 9(2), 4964–4981. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v9i2.44306>
- Nitia, S., & Hastuty, Y. D. (2022). EKSTRAK DAUN KELOR DAN EFEKNYA PADA KADAR HEMOGLOBIN REMAJA PUTRI. *JPP (Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang)*, 17(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.36086/jpp.v17i1>
- Novitaroh, A., Sulistiani, R. P., Teguh Isworo, J., & Syadi, Y. K. (2022). Sifat Sensoris, Kadar Protein dan Zat Besi pada Cookies Daun Kelor. In *Jurnal Gizi* (Vol. 11, Number 1). <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jgizi/article/viewFile/9455/6183>

- Nurhidayati, L. G., Pramiastuti, O., Ningrum, A. P., & Nurfauziah, A. (2023). ANALISIS KADAR VITAMIN C BUAH PEPAYA CALIFORNIA MENTAH (*Carica papaya L.*) DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS. *KUNIR: JURNAL FARMASI INDONESIA*, 1(1), 72–81. <https://doi.org/10.36308/kjfi.v1i1.530>
- Paramita, V. D. (2023). PENGARUH METODE PENGERINGAN TERHADAP KADAR VITAMIN C DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAUN KELOR (*Moringa oleifera*). *Jurnal Agritechno*, 29–35. <https://doi.org/10.70124/at.v16i1.1006>
- Perveen, S., Akhtar, S., Sattar, D., Qamar, M., Saeed, W., Amin, M., & Ismail, T. (2025). Growth maturity stage defines nutritional, anti-nutrients and functional food aspects of *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Food Chemistry Advances*, 7, 101010. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101010>
- Ramadhany, A. S., Utami, M. R., Ramadhani, D. A., & Lismawan, G. N. (2025). Review Sistematis: Pengaruh Kondisi Penyimpanan Terhadap Stabilitas Tablet Vitamin C Dan Aspirin. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 2760–2776. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i4.1165>
- Rate, S., Ishak, S., Sutriningsih, S., Safitri, O., Dewanti, R., Herman, H., Dewi, A. P., & Hadi, A. J. (2023). Karakteristik Biskuit Berbahan Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Tepung Pisang (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Kesehatan Ilmiah Indonesia (Indonesian Health Scientific Journal)*, 8(2), 225–236. <https://doi.org/10.51933/health.v8i2.1255>
- Selawati, F., Quddus, A., & Mardiana. (2024). Karakteristik Kimia dan Organoleptik Crackers Dengan Substitusi Tepung Beras Merah dan Tepung Tempe Chemical and Organoleptic Characteristics of Crackers With Substitution of Brown Rice Flour (*Oryza nivara L.*) and Tempe Flour. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 14(2), 63–69. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JPDG/article/view/16154>
- Septyani, L. V. (2021). Pengaruh Waktu dan Suhu Pemanasan terhadap Stabilitas Sediaan Vitamin C Diukur dengan Metode Titrasi Iodometri. *Jurnal Dunia Farmasi*, 5(2), 74–81. <https://doi.org/10.33085/jdf.v5i2.4840>
- Singgih, W. D., & Harijono. (2015). The Effect of Proportion Glutinous Rice Flour and Potatoes on Wingko Processing. In *dkk Jurnal Pangan dan Agroindustri* (Vol. 3). <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/282/291>
- Sulaiman, M. H., Flora, R., Zulkarnain, M., Yuliana, I., & Tanjung, R. (2022). Defisiensi Zat Besi dengan Kejadian Anemia pada Ibu Hamil. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 4(1), 11–19. <https://doi.org/10.31539/joting.v4i1.3254>
- Tonthawi, M., & Musfiroh, I. (2023). Review: Peningkatan Stabilitas Vitamin C dalam Sediaan Kosmetika. *Majalah Farmasetika*, 8(3), 194. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v8i3.44462>
- Wahyani, A. D., & Rahmawati, Y. D. (2021). ANALISIS KANDUNGAN SERAT PANGAN DAN ZAT BESI PADA COOKIES SUBSTITUSI TEPUNG SORGHUM SEBAGAI MAKANAN ALTERNATIF BAGI REMAJA PUTRI ANEMIA. <https://jurnal.stikescendekiautamakudus.ac.id/index.php/JKM/article/view/685/302>
- Wahyuni, F. (2024). Analisis Vitamin C dan Seng pada Kue Daun Kelor sebagai Pangan Fungsional untuk Imunitas. *Jurnal Keperawatan Profesional (KEPO)*, 5(2), 200–206. <https://doi.org/10.36590/kepo.v5i2.1031>
- World Health Organization. (2024). *Daily iron and folic acid supplementation during pregnancy*. <https://www.who.int/tools/elena/interventions/daily-iron-pregnancy>