

Original Research

## Analisis Ketersediaan Mineral Fe dan Zn serta Aktivitas Antioksidan pada *Bee Pollen Snack Bar*

### *Analysis of Fe and Zn Mineral Availability and Antioxidant Activity in Bee Pollen Snack Bar*

Qurratu Aini<sup>1</sup>, Ananda Putra Agung<sup>2\*</sup>, I Putu Gede Didik Widiarta<sup>3</sup>, Cori Camara<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Penyuluhan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia.

<sup>2</sup>Prodi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia.

<sup>3</sup>Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia.

\*Corresponding Author: [anandaputraagung93@gmail.com](mailto:anandaputraagung93@gmail.com)

#### Abstract

**Background:** Bee pollen is a natural food ingredient rich in essential minerals and bioactive compounds, making it a promising functional food. Processing bee pollen into snack bars may enhance its added value and consumption practicality.

**Objective:** This study aimed to analyze the availability of Fe and Zn minerals and antioxidant activity in bee pollen snack bars.

**Methods:** The study was conducted experimentally using a completely randomized design with one factor that is the addition of bee pollen to the product at five levels: F0, F1, F2, F3, and F4. Fe and Zn contents were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry, while antioxidant activity was measured using the DPPH method and expressed as AEAC.

**Results:** The bee pollen snack bar contained 1.7 mg/100 g of Fe and 0.68 mg/100 g of Zn, with antioxidant activity of 10.77 mg ascorbic acid/g.

**Conclusion:** Bee pollen snack bars have potential as functional foods providing Fe and Zn minerals with good antioxidant activity.

#### Keywords

Antioxidant Activity, Bee Pollen, Fe Mineral, Snack Bar, Zn Mineral

#### Abstrak

**Latar belakang:** *Bee pollen* merupakan bahan pangan alami yang kaya mineral esensial dan senyawa bioaktif, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional. Pengolahan *bee pollen* menjadi *snack bar* diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah dan kemudahan konsumsi.

**Tujuan:** Penelitian ini bertujuan menganalisis ketersediaan mineral Fe dan Zn serta aktivitas antioksidan pada produk *bee pollen snack bar*.

**Metode:** Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap dengan satu faktor yaitu penambahan *bee pollen* pada produk dengan lima taraf F0, F1, F2, F3 dan F4. Analisis Fe dan Zn dilakukan dengan Spektrofotometri Serapan Atom, sedangkan aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode DPPH dan dinyatakan sebagai AEAC.

**Hasil:** *Bee pollen snack bar* mengandung Fe sebesar 1,7 mg/100 g dan Zn sebesar 0,68 mg/100 g, serta memiliki aktivitas antioksidan sebesar 10,77 mg asam askorbat/g.

**Kesimpulan:** *Bee pollen snack bar* berpotensi sebagai pangan fungsional sumber mineral Fe dan Zn dengan aktivitas antioksidan yang baik.

#### Kata Kunci

Aktivitas Antioksidan, *Bee Pollen*, Mineral Fe, Mineral Zn, Pangan Fungsional, *Snack Bar*

## Pendahuluan

Kadar mineral yang terdeteksi, khususnya Fe dan Zn, mengindikasikan kontribusi nutrisi dari bee pollen yang dapat bervariasi bergantung pada faktor lingkungan seperti jenis tanah, iklim, spesies tumbuhan, dan periode panen (Laaroussi et al., 2022). Demikian pula, konsentrasi Fe dan Zn dapat dipengaruhi oleh proses pengolahan bee pollen menjadi snack bar, di mana beberapa metode dapat menyebabkan penurunan kadar mineral akibat pencucian atau degradasi termal (Ma'rifah et al., 2023). Selain itu, komposisi mineral snack bar juga dapat bervariasi karena penambahan bahan lain selama formulasi, seperti yang ditunjukkan pada snack bar berbahan dasar tepung bit yang diformulasikan sebagai sumber zat besi (Umami et al., 2022). Diversitas kandungan mineral dalam produk pangan seperti snack bar sangat bergantung pada matriks bahan baku; misalnya, biji wijen diketahui kaya akan Fe, kalsium, fosfor, seng, dan mineral lainnya, sedangkan tepung labu kuning juga menyumbang Fe, magnesium, dan fosfor pada formulasi snack bar (Hastuti & Afifah, 2019).

Konsumsi produk berbasis bee pollen berpotensi menyumbang asupan mikronutrien penting, meskipun perlu dipertimbangkan bahwa kandungan mineral spesifik seperti Fe dan Zn dalam bee pollen dapat sangat bervariasi tergantung pada asal geografis dan botani, serta kondisi lingkungan (Yadeta et al., 2024). Oleh karena itu, penting untuk melakukan karakterisasi menyeluruh terhadap sumber bee pollen guna memahami secara komprehensif profil mineralnya. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi dampak pengolahan terhadap ketersediaan hayati mineral-mineral ini dalam produk akhir, serta untuk membandingkan potensi penyerapan Fe dan Zn dari snack bar bee pollen dengan sumber nutrisi lainnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa bee pollen snack bar dapat menjadi sumber Fe dan Zn yang menjanjikan, meskipun kandungannya lebih rendah dibandingkan dengan beberapa snack bar lain yang diperkaya secara spesifik (Pasarini & Rovinaru, 2022)

Aktivitas antioksidan berasal dari kandungan senyawa fenolik, flavonoid, dan karotenoid dalam bee pollen yang dapat bertindak sebagai agen pereduksi, penangkap radikal bebas, dan pengelut ion logam (Khakhlary & Rana, 2023). Kandungan antioksidan yang signifikan menunjukkan bahwa bee pollen snack bar tidak hanya menyediakan mineral esensial tetapi juga berpotensi memberikan manfaat kesehatan melalui perlindungan terhadap kerusakan seluler akibat radikal bebas (Yadeta et al., 2024). Senyawa fenolik, sebagai contoh, memiliki peran penting dalam aktivitas antioksidan ini, yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan plasma serta melindungi lipid dari peroksidasi akibat radikal bebas (Setyaningsih et al., 2017). Senyawa ini juga memiliki potensi untuk menghambat perkembangan penyakit degeneratif, seperti kanker dan gangguan sistem imun, serta berkontribusi pada pencegahan penuaan dini (Adiari et al., 2017). Flavonoid dan senyawa fenolik telah terbukti secara signifikan dapat meningkatkan kekebalan tubuh terhadap radikal bebas, serta berpotensi mencegah akumulasi lemak, yang berperan penting dalam mengatasi masalah obesitas dan penyakit terkait lainnya. Potensi ini menekankan pentingnya snack bar bee pollen sebagai pangan fungsional yang tidak hanya menyediakan gizi mikro tetapi juga menawarkan perlindungan terhadap berbagai penyakit kronis melalui mekanisme antioksidan (Wiranata et al., 2017). Anak-anak membutuhkan banyak energi untuk aktivitasnya, peran camilan sangat penting dalam memberikan kontribusi energi pada kebutuhan harian anak (Candra et al., 2013). Meskipun tidak terlalu besar, rata-rata kontribusi yang diberikan oleh camilan dalam sehari adalah 20% (Yasmin dan Madaniyah 2010), *snack bar* yang memiliki sebutan lain yaitu *energy bar* atau *protein bar* merupakan sejenis camilan yang padat energi atau protein.

Pengembangan lebih lanjut dari bee pollen snack bar sebagai camilan yang baik untuk anak-anak memerlukan evaluasi komprehensif terhadap bioavailabilitas nutrien dan senyawa bioaktif di dalamnya, serta pengujian klinis untuk mengkonfirmasi manfaat kesehatan yang diklaim (Noreen et al., 2025). Eksplorasi lebih lanjut terhadap metode pemrosesan alternatif, seperti fermentasi,

hidrolisis enzimatis, atau perlakuan termal lanjutan, perlu dilakukan untuk mengurangi potensi alergenitas bee pollen tanpa mengorbankan kualitas nutrisi dan fungsionalnya (Kaur et al., 2024; Ruiz et al., 2025). Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa optimasi formulasi dapat mencapai keseimbangan ideal antara atribut sensorik dan kandungan zat gizi khususnya pada makanan ringan ekstrusi (Shafiq et al., 2024). Meskipun demikian, penelitian lebih lanjut tentang dampak formulasi dan kondisi proses terhadap sifat fisik dan preferensi sensorik sangat diperlukan untuk menjembatani inovasi dengan manfaat kesehatan dalam industri makanan ringan (Nuchsay & Sakphisutthikul, 2023).

Pengembangan produk pangan fungsional berbasis tumbuhan, seperti snack bar bee pollen, perlu terus didorong untuk memenuhi permintaan pasar akan makanan yang tidak hanya bergizi tetapi juga memiliki manfaat kesehatan. Penting untuk melakukan analisis komprehensif terhadap kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif, termasuk profil antioksidan spesifik, serta bioavailabilitas mineral seperti Fe dan Zn dalam bee pollen snack bar untuk memastikan klaim kesehatan yang akurat. Sebagai contoh, penelitian mengenai formulasi snack bar menunjukkan potensi peningkatan nilai tambah dari bahan baku yang melimpah dan kurang dimanfaatkan, yang diperkaya dengan senyawa bioaktif dari sumber lain untuk meningkatkan manfaat nutrisi dan kesehatan (Devi et al., 2025). Pengembangan produk ini juga dapat memanfaatkan riset tentang bioavailabilitas komponen aktif dalam bee pollen, seperti yang diindikasikan oleh penelitian yang menunjukkan bahwa serbuk sari lebah merupakan sumber nutrisi dan senyawa bioaktif yang berharga, yang menjadikannya bahan fungsional yang menjanjikan dalam berbagai produk makanan (Bianchi et al., 2025; Kaur et al., 2024). Pengembangan lebih lanjut juga dapat fokus pada studi intervensi klinis untuk menguji efektivitas snack bar bee pollen dalam meningkatkan status Fe dan Zn, serta kapasitas antioksidan pada kelompok populasi tertentu yang memiliki defisiensi atau risiko tinggi. Penelitian tentang bioavailabilitas mineral Fe

dan Zn dari bee pollen dalam matriks snack bar, serta sinergi antara mineral ini dengan antioksidan, dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efek kesehatan yang ditawarkan. (Yadeta et al., 2024).

## Metode

Penelitian ini adalah sebuah penelitian *experimental* dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu penambahan *bee pollen* pada produk dengan lima taraf F0, F1, F2, F3 dan F4. Variabel yang diukur adalah pengaruh dari penambahan *bee pollen* pada produk *snack bar* dengan taraf yang berbeda-beda. Taraf perlakuan adalah penambahan *bee pollen* pada *snack bar*. Model matematis rancangan percobaan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \alpha + A_i + E_{ij}$$

Keterangan:

- $Y_{ij}$  = Hasil pengamatan *snack bar* dengan taraf penambahan *bee pollen* ke- $i$  pada ulangan ke- $j$ .
- $i$  = Taraf penambahan *bee pollen* pada formula *snack bar*
- $j$  = Ulangan dari masing-masing perlakuan
- $\alpha$  = Rataan umum
- $A_i$  = Pengaruh Tingkat penambahan *bee pollen* pada taraf ke- $i$
- $E_{ij}$  = Kesalahan percobaan karena pengaruh penambahan *bee pollen* ke- $i$  dan ulangan ke- $j$

Terdapat lima formula dengan proporsi penambahan *bee pollen* yang berbeda. Kelima formula tersebut adalah F0 (kontrol) yaitu formula *snack bar* tanpa penambahan *bee pollen*, F1 yaitu formula dengan penambahan *bee pollen* sebesar 3 %, F2 merupakan formula dengan penambahan 5% *bee pollen*, F3 merupakan formula dengan penambahan 10 % *bee pollen* dan F4 adalah formula dengan penambahan 15 % *bee pollen*. Kelima formula diuji daya terimanya menggunakan uji hedonik dan mutu hedonik pada 30 orang panelis semi terlatih. Berdasarkan hasil uji statistik menggunakan uji Kruskal Wallis dan dilanjutkan dengan uji lanjut Dunn Formula F3 merupakan formula dengan penambahan 10 % *bee pollen*. Selanjutnya, formula terbaik ini dianalisis kandungan Fe dan Zn, serta aktivitas antioksidannya.

Proses analisis aktivitas antioksidan, pengujian total fenol, dan analisis proksimat dilakukan di Laboratorium Biokimia Institut

Pertanian Bogor, sementara pengujian daya terima produk oleh panelis dilakukan di Laboratorium Percobaan Makanan Ilmu Gizi, Institut Pertanian Bogor.

Metode yang digunakan untuk analisis aktivitas antioksidan melibatkan metode 2,2-difenil-1-pikrihidrazil, sedangkan kadar fenol total diukur menggunakan metode Follin Ciocalteu (Hastuti & Afifah, 2019). Pengujian kadar mineral Fe dan Zn dilakukan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. Preparasi sampel untuk analisis kadar Fe dan Zn dilakukan dengan metode destruksi basah menggunakan asam nitrat. Sampel yang telah dikeringkan dan dihomogenkan ditimbang sebanyak 0,5–1,0 g, kemudian ditambahkan 5–10 mL HNO<sub>3</sub> pekat dan didiamkan semalam. Selanjutnya, campuran dipanaskan pada hot plate pada suhu 120–180 °C hingga larutan menjadi jernih. Jika masih tampak keruh, ditambahkan 1–2 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan pemanasan dilanjutkan. Setelah didinginkan, larutan diencerkan dengan akuades hingga volume 25 atau 50 mL dan disaring bila perlu. Larutan hasil destruksi ini kemudian dianalisis menggunakan AAS pada panjang gelombang 248,3 nm untuk Fe dan 213,9 nm untuk Zn. Uji proksimat meliputi penentuan kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar lemak berdasarkan standar metode AOAC untuk memastikan akurasi data kandungan gizi. Untuk analisis kadar karbohidrat, pendekatan by difference diterapkan, melengkapi profil zat gizi makro snack bar bee pollen.

Analisis aktivitas antioksidan pada *bee pollen snack bar* dilakukan dengan menggunakan metode DPPH. DPPH merupakan metode pengujian antioksidan yang dinyatakan dalam *Ascorbic acid Equivalent Antioxidant Capacity* (AEAC). DPPH merupakan senyawa radikal bebas yang relatif stabil. DPPH berwarna ungu, antioksidan bekerja mereduksi radikal bebas yang terkandung dalam DPPH, mengakibatkan penurunan intensitas warna pada ungu pada DPPH. Seluruh analisis statistik aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan SPSS. Pengujian dilakukan dalam tiga ulangan (triplo) dan hasilnya disajikan sebagai nilai rata-rata ± simpangan baku (mean ± SD). Perbandingan aktivitas antioksidan antar perlakuan atau jenis sampel dianalisis menggunakan analisis uji ragam ANOVA. Apabila terdapat perbedaan

yang signifikan ( $p < 0,05$ ), analisis dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji Duncan.

## Hasil

Tabel 1 menyatakan hasil analisis ketersediaan mineral Fe dan Zn dari produk *snack bar* dengan penambahan 10 % *bee pollen*. Ketersediaan Fe *snack bar* adalah sebesar 1.7 mg 100g<sup>-1</sup> dan Zn sebesar 0.68 mg 100g<sup>-1</sup>. Rendahnya ketersediaan Fe dan Zn dalam *snack bar* disebabkan oleh rendah ketersediaan Fe dan Zn dari bahan-bahan utama yang digunakan dalam *snack bar*. Hasil analisis dari aktivitas antioksidan *bee pollen snack bar* adalah 10.77 mg *ascorbic acid g*<sup>-1</sup>, yang mana mengartikan bahwa setiap satu gram produk memiliki aktivitas antioksidan yang setara dengan 10.77 mg asam askorbat.

Tabel 1 Hasil analisis ketersediaan mineral Fe dan Zn pada *bee pollen snack bar*

Kandungan	Unit	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata ± SD
Fe	mg 100g <sup>-1</sup>	1.65	1.75	1.7 ± 0.07
Zn	mg 100g <sup>-1</sup>	0.65	0.71	0.68 ± 0.04

## Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa kadar Fe dalam *bee pollen snack bar* adalah sebesar 1,7 mg/100g, sedangkan kadar Zn mencapai 0,68 mg/100g. Angka ini mengindikasikan kontribusi mineral esensial yang signifikan dalam produk, mengingat pentingnya Fe dan Zn untuk berbagai fungsi fisiologis tubuh (Nurhusna et al., 2020). Meskipun demikian, kadar Fe sebesar 1,7 mg/100g ini belum memenuhi standar minimal klaim sebagai sumber zat besi menurut BPOM yang mensyaratkan setidaknya 3,9 mg per 100g produk untuk kategori umum (Umami et al., 2022). Ketersediaan mineral tersebut dapat bervariasi tergantung pada jenis tumbuhan sumber serbuk sari, lokasi geografis, dan proses pengeringan (Silva et al., 2014).

Tingginya aktivitas antioksidan ini mendukung peran *bee pollen* sebagai agen protektif terhadap stres oksidatif, yang relevan untuk pencegahan berbagai penyakit degeneratif. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi senyawa antioksidan spesifik dalam *bee pollen snack bar*

yang berkontribusi terhadap aktivitas tersebut, serta untuk memahami mekanisme aksinya secara molekuler. Misalnya, penelitian yang mengkaji efek penambahan ekstrak polen terhadap stabilitas oksidatif produk serta bioaksesibilitas polifenol setelah proses pencernaan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai manfaat kesehatan dari produk ini (Nakilcioğlu & NURKO, 2022). Selain itu, investigasi mengenai interaksi antara berbagai komponen bioaktif dalam bee pollen snack bar, termasuk Fe, Zn, dan senyawa antioksidan, dapat mengungkap efek sinergistik yang mungkin terjadi dalam tubuh, memperkuat klaim kesehatan produk (Qiao et al., 2024).

Analisis lanjutan terhadap komponen bioaktif spesifik yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, seperti flavonoid dan asam fenolat, akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai mekanisme kerja dan potensi sinergis senyawa-senyawa tersebut. Pendekatan ini akan memperkaya data tentang profil nutrisi dan fungsional produk, serta mendukung pengembangan produk pangan fungsional berbasis bee pollen di masa mendatang. Identifikasi komponen bioaktif ini esensial untuk mengoptimalkan formulasi snack bar agar dapat memaksimalkan manfaat kesehatannya. Selain itu, evaluasi stabilitas senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan selama penyimpanan dan setelah pemrosesan lebih lanjut juga penting untuk memastikan efektivitas produk hingga dikonsumsi. Pendekatan holistik ini akan memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk klaim kesehatan terkait bee pollen snack bar dan memvalidasi potensinya sebagai pangan fungsional yang kaya mineral dan antioksidan. Hal ini juga akan memungkinkan pengembangan strategi untuk meningkatkan bioavailabilitas mineral dan senyawa antioksidan dalam produk. Potensi bee pollen sebagai sumber antioksidan alami menunjukkan bahwa diversitas iklim, botani, dan geografis dapat memengaruhi komposisi fenolik produk lebah (Çakar & Şimşek, 2025). Pemaparan hasil analisis kadar Fe sebesar 1,7 mg/100g dan Zn sebesar 0,68 mg/100g pada bee pollen snack bar mengindikasikan potensi produk ini sebagai sumber nutrisi mikro esensial yang penting bagi kesehatan manusia (Nakilcioğlu & NURKO, 2022). Kadar Fe yang teridentifikasi dalam jumlah tersebut dapat

berkontribusi signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan harian zat besi, terutama dalam mencegah defisiensi yang dapat berujung pada anemia (Umami et al., 2022). Demikian pula, kandungan Zn yang terukur menunjukkan bahwa snack bar ini dapat berperan dalam mendukung berbagai fungsi fisiologis vital, termasuk sistem kekebalan tubuh dan metabolisme seluler (Gupta et al., 2024). Kombinasi kedua mineral ini dalam satu produk pangan fungsional menawarkan pendekatan holistik untuk meningkatkan asupan nutrisi esensial.

Ketersediaan Fe dan Zn dalam bee pollen telah dikonfirmasi dalam berbagai penelitian, menunjukkan bahwa penambahan bee pollen dapat secara signifikan meningkatkan kadar mineral dalam produk pangan lain, seperti madu (Nakilcioğlu & NURKO, 2022). Penelitian lain juga melaporkan bahwa bee pollen mengandung kalium (4951,61 mg/kg), fosfor (4157,86 mg/kg), kalsium (1751,22 mg/kg), dan magnesium (1246,99 mg/kg), selain seng (46,97 mg/kg) dan besi (197,41 mg/kg), menegaskan potensi bee pollen sebagai sumber multimineral yang baik (Habryka et al., 2020). Meskipun demikian, kadar Fe yang ditemukan pada bee pollen snack bar ini masih lebih rendah dibandingkan dengan kebutuhan zat besi harian yang direkomendasikan, terutama untuk kelompok rentan seperti balita (Tura et al., 2023). Oleh karena itu, fortifikasi atau kombinasi dengan sumber Fe lain mungkin diperlukan untuk mencapai asupan harian yang optimal, khususnya pada populasi dengan kebutuhan nutrisi yang lebih tinggi. Meskipun demikian, kadar Fe sebesar 1,7 mg/100g masih tergolong aman dan jauh di bawah batas toksisitas 20 mg/kg berat badan/hari (Darningsih et al., 2023). Adapun kadar Zn sebesar 0,68 mg/100g, meskipun memberikan kontribusi positif, juga memerlukan evaluasi lebih lanjut terkait pemenuhan Angka Kecukupan Gizi harian, mengingat pentingnya Zn dalam pertumbuhan dan perkembangan.

Aktivitas antioksidan sebesar 10,77 mg/g pada bee pollen snack bar merupakan indikator kuat adanya senyawa bioaktif yang mampu menangkal radikal bebas, berkontribusi pada perlindungan sel dari stres oksidatif. Angka ini menunjukkan bahwa produk ini berpotensi sebagai pangan fungsional yang tidak hanya kaya mineral, tetapi juga memiliki

efek protektif terhadap kerusakan sel akibat radikal bebas (Laaroussi et al., 2022). Potensi antioksidan ini sebagian besar berasal dari kandungan senyawa fenolik dalam bee pollen, yang dikenal memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi, donor hidrogen, dan penangkap singlet oksigen (Bay et al., 2021). Kandungan flavonoid dalam bee pollen juga turut berperan dalam aktivitas antioksidan ini dengan kemampuannya mendonorkan atom hidrogen dan mengkelat ion logam, serta membersihkan radikal hidroksil dan superoksida (Apriyanto, 2019). Senyawa fenolik, seperti flavonoid, dalam bee pollen juga dapat berinteraksi secara sinergis, meningkatkan kapasitas antioksidan secara keseluruhan dibandingkan dengan efek masing-masing senyawa secara individual (Li et al., 2018). Aktivitas antioksidan ini mendukung berbagai fungsi biologis penting, termasuk melindungi DNA, protein, dan lipid dari kerusakan oksidatif, yang berkontribusi pada pencegahan penyakit degeneratif kronis (Yanti & Kustiawan, 2023; Yöntürk & Yonar, 2022). Perpaduan mineral esensial dan aktivitas antioksidan yang signifikan dalam bee pollen snack bar menjadikannya kandidat yang menjanjikan sebagai pangan fungsional untuk mendukung kesehatan dan mencegah kerusakan oksidatif.

## Kesimpulan

Secara keseluruhan, analisis ketersediaan mineral Fe dan Zn serta aktivitas antioksidan pada bee pollen snack bar ini menunjukkan potensi besar produk tersebut sebagai sumber nutrisi dan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan. Pengembangan lebih lanjut produk ini dapat berfokus pada optimasi formulasi untuk meningkatkan bioavailabilitas mineral dan potensi antioksidan, serta eksplorasi manfaat kesehatan spesifik melalui uji klinis. Penelitian lebih lanjut juga dapat menginvestigasi stabilitas senyawa antioksidan selama proses pengolahan dan penyimpanan, mengingat bahwa antioksidan rentan terdegradasi oleh suhu tinggi. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang meminimalkan kerusakan senyawa bioaktif sekaligus mempertahankan kualitas sensorik produk. Selain itu, studi tentang interaksi antara

matriks makanan dalam snack bar dengan mineral dan senyawa antioksidan dapat memberikan wawasan lebih lanjut mengenai penyerapan dan efektivitasnya dalam tubuh.

Pengembangan produk inovatif seperti bee pollen snack bar ini berpotensi menjadi solusi alternatif untuk mengatasi defisiensi mikronutrien dan mitigasi stres oksidatif pada populasi yang lebih luas. Selain itu, penelitian mengenai penerimaan konsumen dan preferensi rasa juga menjadi krusial dalam memastikan keberlanjutan produk ini di pasar. Inovasi dalam pengembangan produk berbasis bahan alami, seperti halnya bee pollen, merupakan langkah strategis untuk menciptakan makanan fungsional yang dapat mengintegrasikan nutrisi esensial dan senyawa bioaktif ke dalam pola konsumsi sehari-hari.

Perlu adanya strategi pemasaran yang efektif perlu dikembangkan untuk mengkomunikasikan secara jelas manfaat kesehatan dan nilai gizi yang terkandung dalam bee pollen snack bar kepada target konsumen. Kajian mengenai efektivitas bee pollen snack bar dalam meningkatkan status gizi dan indeks kesehatan pada kelompok populasi tertentu juga dapat menjadi arah penelitian selanjutnya. Pendekatan ini berpotensi membuka peluang baru dalam formulasi produk pangan fungsional yang tidak hanya kaya nutrisi tetapi juga memiliki daya tarik sensorik yang tinggi, sehingga dapat diterima luas oleh masyarakat.

## Daftar Rujukan

- Adiari, N. W. L., Yogeswara, I. B. A., & Putra, I. M. W. A. (2017). Pengembangan pangan fungsional berbasis tepung okara dan tepung beras hitam (*Oryza sativa* L. indica) sebagai makanan selingan bagi remaja obesitas. *Jurnal Gizi Indonesia (The Indonesian Journal of Nutrition)*, 6(1), 51. <https://doi.org/10.14710/jgi.6.1.51-57>
- Apriyanto, K. D. (2019). Pemberian madu sebelum aktivitas fisik intensitas sedang terhadap kadar malondialdehid plasma tikus wistar. *Medikora*, 17(1). <https://doi.org/10.21831/medikora.v17i1.23497>

- Bay, V., Topal, E., Çakıcı, N., YILDIZDAL, İ., & Tosunoğlu, A. (2021). Palynological analyses, chemical and mineral composition of some honeybee pollen pellets. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 21(2), 187. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.996036>
- Bianchi, A., Capparelli, S., Taglieri, I., Sanmartin, C., Pistelli, L., & Venturi, F. (2025). Salty Biscuits Enriched with Fresh and Dried Bee Pollen: Chemical, Technological, and Sensory Characterization. *Foods*, 14(3), 527. <https://doi.org/10.3390/foods14030527>
- Çakar, F., & Şimşek, H. (2025). Phenolic Compound Profile of Apilarnil Extract: A Potential Source for Functional Food and Pharmaceutical Applications. *International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research*, 6(2), 87. <https://doi.org/10.53811/ijtcmr.1633940>
- Candra AA, Setiawan B, Damanik R. (2013). Pengaruh pemberian makanan jajanan, pendidikan gizi, dan suplementasi terhadap status gizi, pengetahuan gizi, dan status anemia pada anak usia sekolah dasar. *J Gizi Pangan* 8 (2): 103-108.
- Darningsih, S., Habibi, N. A. H., Nurman, Z., & Ismanilda, I. (2023). Development of Instant Porridge Complementary Feeding with Catfish Flour and Pumpkin Flour Substitution. *Media Gizi Indonesia*, 18(1), 94. <https://doi.org/10.20473/mgi.v18i1.94-102>
- Devi, S., Aeni, M. N., Insyirah, T. H. A., Azmi, H. R., Gunawan, A., & Nasrullah, N. (2025). Potensi Snack Bar Berbasis Blondo dan Substitusi Tepung Anggur Laut untuk Mendukung Performa Atlet. *Amerta Nutrition*, 9(1), 76. <https://doi.org/10.20473/amnt.v9i1.2025.76-86>
- Gupta, O. P., Singh, A., Pandey, V., Sendhil, R., Khan, Mohd. K., Pandey, A., Kumar, S., Hamurcu, M., Ram, S., & Singh, G. P. (2024). Critical assessment of wheat biofortification for iron and zinc: a comprehensive review of conceptualization, trends, approaches, bioavailability, health impact, and policy framework [Review of *Critical assessment of wheat biofortification for iron and zinc: a comprehensive review of conceptualization, trends, approaches, bioavailability, health impact, and policy framework*]. *Frontiers in Nutrition*, 10. Frontiers Media. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1310020>
- Habryka, C., Socha, R., & Juszczak, L. (2020). The influence of honey enrichment with bee pollen or bee bread on the content of selected mineral components in multifloral honey. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 874. <https://doi.org/10.5219/1329>
- Hastuti, A. R., & Afifah, D. N. (2019). Analisis aktivitas antioksidan, analisis kandungan gizi, uji organoleptik snack bar sesame seed dan tepung labu kuning sebagai alternatif makanan selingan dengan tinggi antioksidan. *Journal of Nutrition College*, 8(4), 219. <https://doi.org/10.14710/jnc.v8i4.25835>
- Kaur, J., Rasane, P., Kumar, V., Nanda, V., Bhadariya, V., Kaur, S., & Singh, J. (2024). Exploring the Health Benefits of Bee Pollen and Its Viability as a Functional Food Ingredient. *Reviews in Agricultural Science*, 12, 65. [https://doi.org/10.7831/ras.12.0\\_65](https://doi.org/10.7831/ras.12.0_65)
- Khakhlyar, D., & Rana, A. (2023). Characterization of chemical composition of ethanolic extract of bee pollen in India. *Journal of Environmental Biology*, 44(6), 811. <https://doi.org/10.22438/jeb/44/6/5148>
- Laaroussi, H., Ferreira-Santos, P., Genisheva, Z., Bakour, M., Ousaaid, D., Ghouzi, A. E., Teixeira, J. A., & Lyoussi, B. (2022). Unveiling the techno-functional and bioactive properties of bee pollen as an added-value food ingredient. *Food Chemistry*, 405, 134958. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134958>
- Li, Q., Wang, K., Marcucci, M. C., Sawaya, A. C. H. F., Hu, L., Xue, X., Wu, L., & Hu, F. (2018). Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites. *Journal of Functional Foods*, 49, 472. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.09.008>

- Ma'rifah, B., Nurlaily, A. P., & Amrullah, A. W. (2023). Nutritional Characteristic of Snack bar Formulation Based on Snakehead Fish-Sorghum Flour Flakes and Kidney Beans. *Ghidza Jurnal Gizi Dan Kesehatan*, 7(2), 205. <https://doi.org/10.22487/ghidza.v7i2.1005>
- Nakilcioğlu, E., Nurko, E. (2022). The hidden miracle in the hive: foods enriched with bee pollen and bee bread. *Gida / the journal of food*, 47(4), 604. <https://doi.org/10.15237/gida.gd22044>
- Noreen, S., Tufail, T., Mubashar, H., Bader-UI-Ain, H., Hassan, A., Zafar, A., Aja, P. M., & Atoki, A. V. (2025). Antioxidant activity and phytochemical analysis of different varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.) available in Pakistan. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1618457>
- Nuchsai, T., & Sakphisutthikul, C. (2023). Effect of Different Functional Ingredients on the Quality of Extruded Phyto-Snacks. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 50(8). <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.50.8.16>