

UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN, POLIFENOL, DAN FLAVONOID PADA NUGGET IKAN TERI DENGAN SUBSTITUSI DAUN KELOR DAN DAUN SINGKONG

ANTIOXIDANT, POLYPHENOL, AND FLAVONOID ACTIVITY TESTING OF ANCHOVY NUGGETS WITH MORINGA LEAVES AND CASSAVA LEAVES SUBSTITUTION

Windi Habsari^{1a}, Dita Ayu Lestari¹, Willcent Twinatmaja Hartanto¹

¹Akademi Kuliner dan Patiseri Ottimmo International,,Surabaya, Indonesia.

^aKorespondensi: Windi Habsari Telp/Hp: 085230580783 ; E-mail:
windihabsari@ottimmo.ac.id

ABSTRACT

Anchovies are a high-quality protein source, rich in minerals such as calcium and phosphorus, as well as essential fatty acids that support health. The combination with moringa and cassava leaves is expected not only to enhance nutritional benefits but also to increase their functional potential. Moringa (*Moringa oleifera*) and cassava leaves (*Manihot esculenta*) are rich sources of bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids, saponins, and tannins, which exhibit significant antioxidant activity. Flavonoids, such as quercetin and kaempferol, found in moringa (*Moringa oleifera*) and cassava (*Manihot esculenta*) leaves, play an important role as natural antioxidants. This study aims to evaluate the antioxidant activity, polyphenol content, and flavonoid content in anchovy nuggets substituted with moringa and cassava leaves using the DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) method. The study also seeks to determine the optimal concentration of these leaf substitutions to enhance the functional benefits of the nuggets. It is hoped that this research will contribute not only to the scientific innovation of local ingredient-based foods but also to the development of commercial products that support public health on a larger scale. Results revealed that moringa leaf extract demonstrated weak antioxidant activity with an IC₅₀ value of 699,83±7,3409 ppm, compared to Vitamin E (IC₅₀ 4.91 ppm). Moringa and cassava leaves, however, exhibited significant antioxidant activity, particularly in scavenging free radicals, attributed to their polyphenol and flavonoid content. This study highlights the potential of both leaves as natural ingredients for enhancing the antioxidant capacity of food products, although higher concentrations are required to match the effectiveness of synthetic antioxidants.

Keywords: *Antioxidant activity, Bioactive compounds, Flavonoids, Moringa oleifera, Manihot esculenta*

ABSTRAK

Ikan teri merupakan sumber protein berkualitas tinggi, kaya akan mineral seperti kalsium dan fosfor, serta asam lemak esensial yang menunjang kesehatan. Kombinasi dengan daun kelor dan singkong diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan manfaat gizi tetapi juga meningkatkan potensi fungsionalnya. Daun kelor (*Moringa oleifera*) dan singkong (*Manihot esculenta*) merupakan sumber yang kaya akan senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, saponin, dan tanin, yang menunjukkan aktivitas antioksidan yang signifikan. Flavonoid, seperti quercetin dan kaempferol, yang ditemukan dalam daun kelor (*Moringa oleifera*) dan singkong (*Manihot esculenta*), berperan penting sebagai antioksidan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan, kandungan polifenol, dan kandungan flavonoid dalam nugget ikan teri yang disubstitusi dengan daun kelor dan singkong menggunakan metode DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl). Penelitian ini juga berupaya menentukan konsentrasi optimal substitusi daun ini untuk meningkatkan manfaat fungsional nugget. Diharapkan penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada inovasi ilmiah makanan berbasis bahan lokal tetapi juga pada pengembangan produk komersial yang mendukung kesehatan masyarakat dalam skala yang lebih besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor menunjukkan aktivitas

antioksidan yang lemah dengan nilai IC₅₀ sebesar 699,83±7,3409 ppm, dibandingkan dengan Vitamin E (IC₅₀ 4,91 ppm). Namun, daun kelor dan singkong menunjukkan aktivitas antioksidan yang signifikan, terutama dalam menangkal radikal bebas, yang disebabkan oleh kandungan polifenol dan flavonoidnya. Penelitian ini menyoroti potensi kedua daun tersebut sebagai bahan alami untuk meningkatkan kapasitas antioksidan produk pangan, meskipun diperlukan konsentrasi yang lebih tinggi untuk menyamai efektivitas antioksidan sintetis.

Kata kunci: *Aktivitas antioksidan, Senyawa bioaktif, Flavonoid, Moringa oleifera, Manihot esculenta*

PENDAHULUAN

Daun kelor (*Moringa oleifera*) diakui secara luas sebagai sumber senyawa bioaktif yang kaya dengan aktivitas antioksidan yang sangat tinggi. Senyawa seperti flavonoid, polifenol, dan vitamin C yang ada dalam daun kelor telah diidentifikasi untuk memerangi radikal bebas dan menawarkan efek perlindungan terhadap berbagai penyakit degeneratif (Hasanah et al., 2017). Sebuah studi oleh Surisetti et al. (2024) lebih lanjut mengungkapkan bahwa daun kelor mengandung senyawa bioaktif tambahan yang berkontribusi pada aktivitas anti-inflamasi, antimikroba, dan antikankernya, memperkuat potensi peningkatan kesehatan tanaman.

Sifat bioaktif yang kuat dari daun kelor membuatnya banyak digunakan dalam berbagai aplikasi makanan dan farmasi. Penelitian yang dilakukan oleh Yudiono (2023) menunjukkan bahwa daun kelor memiliki kandungan polifenol yang signifikan. Penambahan bubuk daun kelor dalam produk kedelai yang difermentasi, seperti tempe, telah ditemukan untuk meningkatkan kandungan fenolik. Menurut penelitian Marhaeni (2021), kandungan polifenol pada daun kelor segar kurang lebih 3,4%, sedangkan kandungannya menurun menjadi 1,6% pada daun kelor yang diekstraksi.

Selain daun kelor (*Moringa oleifera*), sumber potensial polifenol dan flavonoid lainnya adalah daun singkong (*Manihot esculenta*). Daun singkong diketahui kaya akan senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, saponin, dan tanin, yang memiliki sifat antioksidan yang kuat (Bai et al., 2022). Senyawa ini memainkan peran penting dalam menetralkan radikal bebas yang dapat menyebabkan stres oksidasi. Penelitian telah menunjukkan bahwa ekstrak daun singkong menunjukkan aktivitas antioksidan yang signifikan, terutama dalam mengais radikal bebas seperti DPPH. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa ekstrak daun singkong memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan dan secara efektif mengurangi stres oksidatif dalam model biologis, sebagaimana dibuktikan dengan penghambatan radikal bebas DPPH dengan nilai IC₅₀ 92,10 mg/L (Hasim et al., 2023).

Permintaan konsumen akan makanan fungsional yang kaya akan senyawa bioaktif

terus meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran tentang pentingnya makan sehat dalam mencegah stunting. Banyak penelitian telah menyelidiki penggunaan daun kelor dan singkong secara individual dalam produk makanan; Namun, penelitian tentang kombinasi keduanya dalam nugget ikan teri sebagai produk fungsional masih sangat terbatas. Pilihan singkong sebagai bahan dasar untuk membuat camilan adalah singkong merupakan makanan lokal yang mudah di desa Pekan Kamis. Selain itu, singkong mengandung karbohidrat, protein, mineral, kalori, zat besi, vitamin D. Sangat berguna jika digunakan sebagai camilan balita. Singkong diolah menjadi berbagai macam camilan. Penelitian ini membantu pembuatan nugget dengan substitusi daun singkong untuk mencegah stunting (Julita et al., 2023)..

Ikan teri adalah sumber protein berkualitas tinggi, kaya akan mineral seperti kalsium dan fosfor, serta asam lemak esensial yang mendukung kesehatan. Kombinasi dengan daun kelor dan singkong diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan manfaat nutrisi tetapi juga meningkatkan potensi fungsionalnya. Pemanfaatan bahan-bahan lokal seperti ikan teri tidak hanya mendukung pengembangan produk pangan fungsional tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan sumber daya dan meningkatkan ekonomi lokal dengan memberdayakan panen nelayan. Sebuah studi oleh Mergypa et al. (2014) menyoroti manfaat kesehatan yang signifikan dari ikan teri karena kandungan kalsium dan fosfornya. Sementara itu, pemanfaatan daun kelor dan singkong pada produk pangan fungsional dibahas oleh Putriyanto et al. (2021), menunjukkan potensinya untuk meningkatkan nilai gizi produk pangan sekaligus memberdayakan perekonomian lokal melalui pemanfaatan bahan baku lokal.

Nugget ikan teri adalah produk makanan olahan yang populer karena kandungan protein hewannya yang tinggi dan kemudahan konsumsi. Namun, produk nugget seringkali rendah senyawa bioaktif yang dapat mendukung kesehatan. Penggabungan daun kelor dan singkong diharapkan tidak hanya meningkatkan nilai gizi tetapi juga memberikan efek antioksidan yang lebih baik. Sebuah studi oleh Nazwa dan Rahayu (2020) menunjukkan bahwa daun kelor kaya akan senyawa bioaktif seperti vitamin C dan flavonoid, yang memiliki efek antioksidan yang kuat. Demikian pula, daun singkong, seperti yang ditunjukkan oleh Annisa et al. (2024), dapat meningkatkan kandungan gizi produk makanan, termasuk aktivitas antioksidan, menawarkan manfaat kesehatan tambahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan, kandungan polifenol, dan kandungan flavonoid pada nugget ikan teri yang disubstitusi dengan daun kelor dan singkong. Studi ini juga berupaya menentukan konsentrasi optimal dari

substitusi daun ini untuk meningkatkan manfaat fungsional nugget. Diharapkan penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada inovasi ilmiah pangan berbasis bahan lokal tetapi juga pengembangan produk komersial yang mendukung kesehatan masyarakat dalam skala yang lebih besar.

BAHAN DAN LOKASI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Pasar Menanti. Daun kelor dan daun singkong diperoleh dari petani di Kecamatan Kedamean. Membuat nugget ikan teri dengan substitusi daun kelor dan daun singkong di Ottimmo Surabaya.

Prosedur

Daun singkong dan daun kelor disortir dan ditimbang sesuai dengan pengukuran. Siapkan bahan-bahan seperti garam, merica, bawang merah, bawang putih, ikan teri yang sudah dibersihkan. Kemudian giling ikan teri bersama telur, bawang merah, bawang putih, 1 sendok makan, merica, garam, gula dan tepung maizena. Selanjutnya, tambahkan tepung tapioka sambil diaduk ke dalam adonan nugget. Langkah selanjutnya adalah mengukus dengan loyang mini selama 30 menit pada suhu 80 derajat Celcius. Kemudian potong kecil-kecil dan dicelupkan ke dalam campuran telur. Selanjutnya, diolesi dengan remah roti dan akhirnya digoreng. Sebelum diuji di laboratorium, produk nugget diberikan kode sesuai dengan sampel yang telah disiapkan. Setiap produk menggunakan 100 gram ikan teri dan daun kelor-singkong berdasarkan perawatan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Trunojoyo Madura dengan Completely Randomized Design (CRD) yang melibatkan lima perlakuan dengan kode sampel F0, F1, F2, F3, dan F4, masing-masing diuji tiga kali lipat untuk mengetahui polifenol, kandungan flavonoid, dan aktivitas antioksidan (IC50). Setiap sampel disiapkan sebagai larutan menggunakan etanol 96% sebagai pelarut dan diolah secara homogen untuk menghindari bias.

Kandungan polifenol dianalisis dengan metode folin-ciocalteu, dengan absorbansi diukur pada 765 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Metode ini mengukur kemampuan senyawa polifenol untuk mengurangi reagen Folin-Ciocalteu, menghasilkan perubahan warna biru.

Hasilnya dinyatakan dalam mg GAE (Gallic Acid Equivalent) dengan gram sampel. Menurut Lin et al. (2020), teknik ini telah terbukti efektif untuk menganalisis polifenol

dalam makanan fungsional yang diperkaya dengan senyawa bioaktif seperti daun kelor. Kandungan flavonoid diuji menggunakan metode kolorimetri dengan reagen Aluminium Chloride ($AlCl_3$). Sampel direaksikan dengan $AlCl_3$ dan diinkubasi sebelum absorbansi diukur pada 415 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasilnya dinyatakan dalam mg QE (Quercetin Equivalent) per gram sampel. Metode ini banyak digunakan karena kepekaannya terhadap flavonoid spesifik seperti quercetin dan kaempferol, yang berlimpah dalam bahan makanan kaya bioaktif (Boudet, 2007; Lin et al., 2020).

Aktivitas antioksidan diuji dengan menggunakan metode DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl). Larutan DPPH 0,1 mM dicampur dengan sampel pada berbagai konsentrasi dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu kamar dalam gelap. Absorbansi diukur pada 517 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai IC50 dihitung sebagai konsentrasi sampel yang mengurangi 50% radikal DPPH. Metode ini mengukur kemampuan antioksidan senyawa untuk menetralkan radikal bebas, yang relevan untuk produk makanan fungsional seperti nugget ikan teri yang diperkaya dengan daun kelor (Brand-Williams et al., 1995; Lin dkk., 2020; Khilyatul et al., 2024).

Semua proses pengujian dilakukan dengan fokus untuk memastikan homogenisasi dan sterilitas bahan. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik untuk menghitung rata-rata, standar deviasi, dan kesalahan standar untuk setiap tes. Hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menggambarkan tren polifenol, kandungan flavonoid, dan aktivitas antioksidan untuk setiap perlakuan.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode biokimia yang divalidasi untuk memahami peningkatan kandungan bioaktif yang dicapai melalui substitusi bahan-bahan alami ini. Kandungan polifenol diukur menggunakan metode Folin-Ciocalteu, yang mengukur total senyawa fenolik dalam hal Gallic Acid Equivalent (GAE). Kandungan flavonoid diukur menggunakan metode kolorimetri dengan reagen Aluminium Klorida ($AlCl_3$), dinyatakan sebagai Quercetin Equivalent (QE). Aktivitas antioksidan dinilai dengan uji pemulung radikal DPPH, menghasilkan nilai IC50, yang mewakili konsentrasi yang diperlukan untuk menghambat 50% radikal DPPH.

Substitusi daun kelor dan singkong ke dalam formulasi nugget ikan teri dihipotesiskan untuk meningkatkan kandungan senyawa bioaktif, karena kedua daun memiliki profil fitokimia yang kaya. Hasil pengujian disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1: Hasil Uji Polifenol

Kode Sampel	Kandungan Polifenol (mg GAE/g)
F0	0a
F1	0,71±0,1021 miliar
F2	0,426±0,1386 miliar
F3	3.106±0.2335c
F4	4.543±0.0832 hari

Catatan: Perbedaan yang signifikan ditunjukkan oleh nilai rata-rata dengan superskrip yang berbeda di kolom yang sama ($p \leq 0,05$).

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kandungan polifenol yang signifikan pada nugget ikan teri yang disubstitusi dengan daun kelor (*Moringa oleifera*) dan singkong (*Manihot esculenta*). Di antara sampel, sampel dengan substitusi daun kelor (F4) menunjukkan kandungan polifenol tertinggi, dengan nilai 4.543 ± 0.0832 mg GAE/g. Hasil ini menunjukkan bahwa daun kelor adalah sumber polifenol yang sangat kaya, yang secara efektif dapat meningkatkan kandungan senyawa bioaktif dalam produk makanan. Kandungan polifenol dalam daun kelor dikaitkan dengan senyawa seperti quercetin, kaempferol, dan flavonoid lainnya, yang semuanya memiliki sifat antioksidan yang terdokumentasi dengan baik (Chis et al., 2024). Efek penambahan daun kelor dan singkong pada polifenol nugget ikan teri dapat dilihat pada Gambar 1.

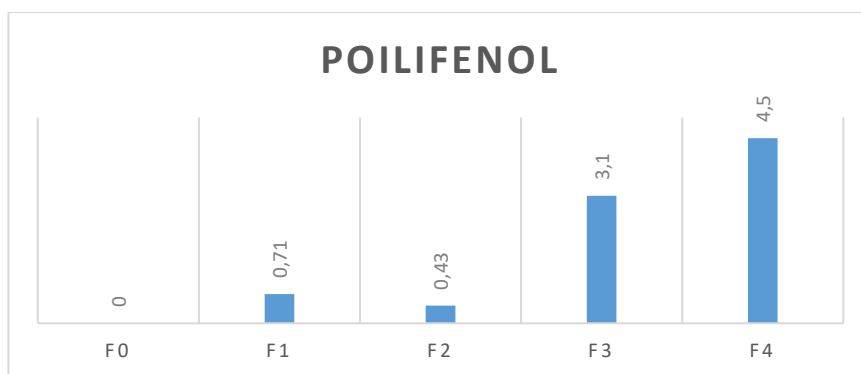


Figure 1. Efek penambahan daun kelor dan singkong pada polifenol nugget ikan teri

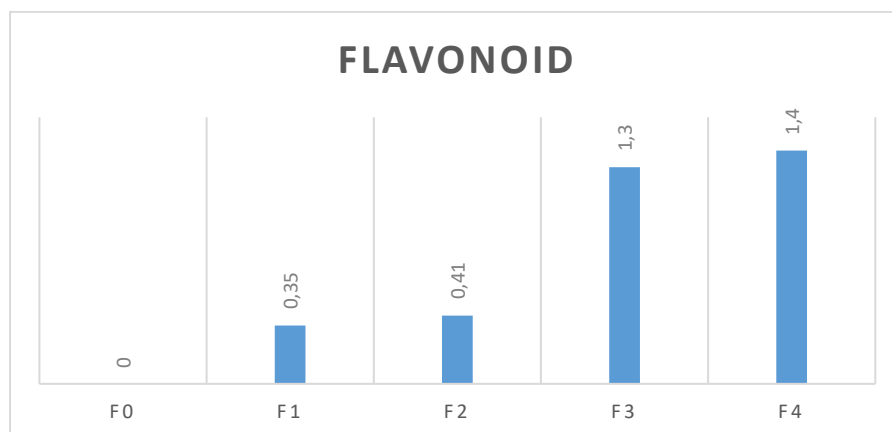
Sebaliknya, sampel kontrol (tanpa substitusi apa pun) tidak memiliki kandungan polifenol yang dapat dideteksi (0,00 mg GAE/g), menunjukkan bahwa penyertaan daun kelor berkontribusi secara signifikan terhadap kandungan polifenol dalam produk makanan. Ini menyoroti peran penting yang dapat dimainkan oleh bahan-bahan alami, seperti kelor, dalam meningkatkan nilai gizi dan fungsional makanan olahan. Sementara

daun singkong juga mengandung senyawa bioaktif yang bermanfaat seperti flavonoid dan saponin, kandungan polifenol yang lebih tinggi yang diamati pada sampel yang disubstitusi kelor menunjukkan bahwa daun kelor sangat efektif dalam memperkaya profil bioaktif produk makanan (Bai et al., 2022).

Tabel 2: Hasil Tes Flavonoid

Kode sampel	Kandungan Flavonoid (mg QE / g)
F0	0a
F1	0,35±0,0458 miliar
F2	0,413±0,01527 miliar
F3	1.2766±0.0208c
F4	1,35±0,0721c

Hasil uji flavonoid menunjukkan peningkatan kandungan flavonoid yang signifikan dengan kadar substitusi daun kelor dan singkong yang lebih tinggi pada formulasi nugget. Sampel dengan 8% daun kelor dan substitusi daun singkong (F4) menunjukkan kandungan flavonoid tertinggi, dengan nilai 1,35±0,0721c mg QE/g. Ini menunjukkan bahwa penambahan daun kelor secara signifikan meningkatkan kadar flavonoid dibandingkan dengan sampel kontrol (0,00 mg QE/g). Efek penambahan daun kelor dan singkong pada flavonoid nugget ikan teri dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Efek penambahan daun kelor dan singkong pada flavonoid nugget ikan teri

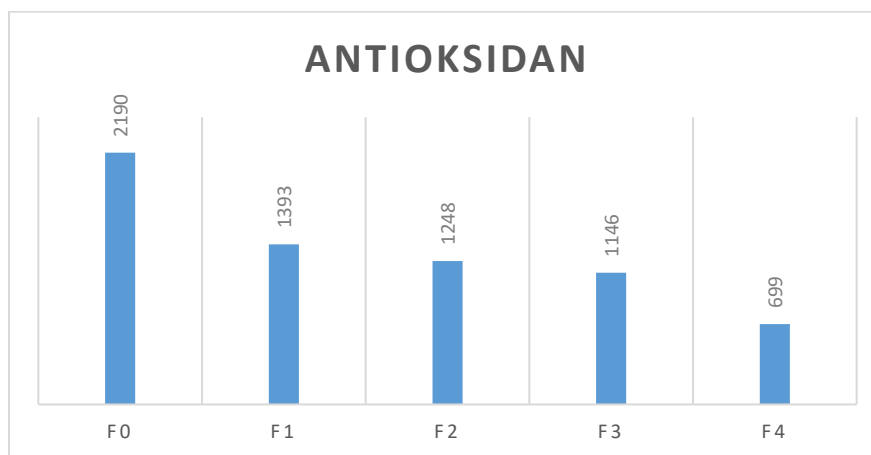
Flavonoid, seperti quercetin dan kaempferol, yang ditemukan dalam daun kelor (*Moringa oleifera*) dan singkong (*Manihot esculenta*), memainkan peran penting sebagai antioksidan alami. Senyawa ini mampu menetralkan radikal bebas, melindungi sel dari kerusakan oksidatif, dan meningkatkan manfaat kesehatan dari produk makanan fungsional. Studi sebelumnya oleh Vergara-Jimenez dkk. (2017) menunjukkan bahwa flavonoid dalam kelor memiliki aktivitas antioksidan yang kuat, yang meningkatkan umur

simpan dan stabilitas oksidatif produk makanan. Selain itu, penelitian oleh Pop et al. (2022) mendukung gagasan bahwa flavonoid dalam daun singkong memberikan efek sinergis yang semakin meningkatkan sifat antioksidan dalam formulasi gabungan.

Tabel 3: Hasil Uji Antioksidan IC50

Kode Sampel	Kandungan Antioksidan (IC50 ppm)
F0	2190,69±288,143 hari
F1	1393,90±134,3065c
F2	1248,03±24,479 miliar
F3	1146,17±30,1465 miliar
F4	699,83±7,3409a

Pengukuran aktivitas antioksidan mengungkapkan bahwa sampel yang disubstitusi dengan daun kelor (*Moringa oleifera*) dan singkong (*Manihot esculenta*) menunjukkan nilai IC50 yang lebih rendah, menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi. Sampel 4, dengan 8% daun kelor dan substitusi daun singkong, mencapai nilai IC50 terendah (699,83±7,3409a ppm), menandakan kemampuan paling efektif untuk menetralkan radikal bebas dibandingkan dengan sampel lainnya. Sebaliknya, sampel kontrol (tanpa substitusi daun kelor atau singkong) memiliki nilai IC50 tertinggi, mencapai 2190,69±288,143d ppm, yang mencerminkan aktivitas antioksidan yang jauh lebih rendah pada nugget ikan teri biasa. Ini menunjukkan bahwa penambahan daun kaya bioaktif, seperti kelor dan singkong, sangat meningkatkan potensi antioksidan produk. Efek penambahan daun kelor dan singkong pada antioksidan nugget ikan teri dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh penambahan daun kelor dan singkong terhadap aktivitas antioksidan

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Unuigbe et al. (2014), yang melaporkan bahwa fraksi etil asetat dari daun kelor menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi, dengan nilai IC50 serendah 5,72 µg/mL, menunjukkan potensinya sebagai antioksidan alami yang sangat efektif. Selain itu, penelitian oleh Badriyah (2017) mengkonfirmasi bahwa kandungan fenolik dalam daun kelor berkorelasi positif dengan aktivitas antioksidan, karena peningkatan konsentrasi senyawa bioaktif menghasilkan nilai IC50 yang jauh lebih rendah.

Diskusi

Hasil yang diperoleh pada gambar 1 menunjukkan bahwa substitusi daun kelor (*Moringa oleifera*) dan singkong (*Manihot esculenta*) secara signifikan meningkatkan kadar polifenol, flavonoid, dan aktivitas antioksidan pada produk nugget ikan teri. Polifenol dan flavonoid diketahui memiliki kemampuan untuk menetralkan radikal bebas, yang dapat mengurangi kerusakan oksidatif dan mencegah berbagai penyakit degeneratif seperti kanker, penyakit jantung, dan diabetes. Penelitian ini mendukung temuan sebelumnya bahwa daun kelor kaya akan senyawa bioaktif seperti quercetin, kaempferol, dan asam fenolik, yang memiliki kemampuan antioksidan tinggi (Makita et al., 2016; Badriyah et al., 2017).

Sementara itu, daun singkong, meskipun lebih dikenal sebagai sumber karbohidrat, juga mengandung senyawa fenolik dan flavonoid tingkat yang signifikan, yang berkontribusi pada peningkatan aktivitas antioksidan. Oleh karena itu, penggunaan kedua bahan alami tersebut dalam produk makanan tidak hanya meningkatkan nilai gizi tetapi juga memberikan manfaat kesehatan tambahan melalui peningkatan senyawa bioaktif yang bertindak sebagai antioksidan.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa substitusi daun kelor dan singkong pada nugget ikan teri dapat meningkatkan nilai fungsional polifenol dan flavonoid. Produk-produk ini tidak hanya menyediakan protein hewani tetapi juga kaya akan senyawa antioksidan, sehingga lebih bermanfaat bagi kesehatan konsumen. Oleh karena itu, inovasi pangan fungsional berbasis bahan lokal seperti kelor dan daun singkong memiliki potensi yang signifikan untuk dikembangkan sebagai solusi pencegahan stunting dan peningkatan kesehatan masyarakat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa daun *Moringa oleifera* (kelor) dan *Manihot esculenta* (singkong) memiliki potensi yang signifikan sebagai sumber senyawa bioaktif dengan antioksidan, polifenol, dan flavonoid untuk nugget ikan teri. Daun singkong dan kelor menunjukkan aktivitas yang lebih menonjol karena kandungan polifenol dan flavonoidnya yang lebih tinggi. Temuan ini menyoroti potensi kedua daun untuk digunakan sebagai bahan alami dalam makanan fungsional seperti nugget ikan teri untuk meningkatkan polifenol dan flavonoid. Namun, inovasi pangan fungsional (nugget ikan teri) berbasis bahan lokal seperti kelor dan daun singkong memiliki potensi yang signifikan untuk dikembangkan sebagai solusi pencegahan stunting dan peningkatan kesehatan masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi Akademik Vokasi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah berkontribusi dalam pendanaan penelitian ini.

REFERENCES

- Aisyah, A. N., Setyowati, D. N. A., & Astriana, B. H. (2021). Potensi pemanfaatan daun singkong (*Manihot utilissima*) terfermentasi sebagai bahan pakan untuk meningkatkan pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan Unram*, 11(1), 13-25. <https://www.researchgate.net/publication/3585322>
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A. H. (2007). *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*, 21(1), 17–25. <https://doi.org/10.1002/ptr.2023>
- Aulia, A., Munandar, A., & Surilayani, D. (2021). Optimalisasi formulasi nori rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan daun singkong (*Manihot utilisima*). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 9(2), 51–58. <https://doi.org/10.35800/mthp.9.2.2021.33882>
- Badriyah, B., Achmadi, J., & Nuswantara, L. K. (2017). Kelarutan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan daun kelor (*Moringa oleifera*) di dalam rumen secara *in vitro*. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 19(3), 116–

121. <https://media.neliti.com/media/publications/196805-ID-kelarutan-senyawa-fenolik-dan-aktivitas.pdf>

Bai, X., Qiu, A., Guan, W., Fan, T., Li, M., & Zhang, Y. (2022). Effects of temperature and drying methods on the antioxidant properties and phenolic profiles of wild *Lycium ruthenicum* Murray berries. *Foods*, 11(14),2027. <https://doi.org/10.3390/foods11142027>

Boudet, A. M. (2007). Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Phytochemistry*,68(22–24),2722–2735. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942207004049?via%3Dihub>

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1),25–30. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643895800085?via%3Dihub>

Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182. https://www.researchgate.net/publication/279893687_Estimation_of_Total_Flavonoid_Content_in_Propolis_by_Two_Complementary_Colorimetric_Methods

Chis, A., Noubissi, P. A., Pop, O.-L., Muresan, C. I., Tagne, M. A. F., Kamgang, R., Fodor, A., Sitar-Tăut, A.-V., Cozma, A., Orăsan, O. H., Heghes, S. C., Vulturar, R., & Suharoschi, R. (2024). Bioactive compounds in *Moringa oleifera*: Mechanisms of action, focus on their anti-inflammatory properties. *Plants*,13(20). <https://doi.org/10.3390/plants13010020>

Hasanah, N., Susilo, J., and Oktianti, D. 2017. Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lamk) dengan metode DPPH, *Jurnal Gizi dan Kesehatan*. 9[21]: <https://jurnalgizi.unw.ac.id/index.php/JGK/article/view/193>

Hasim, H., Falah, S., & Dewi, L. K. (2023). Effect of boiled cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) on total phenolic, flavonoid and its antioxidant activity. *Current Biochemistry*, volume(edisi), 116–127. <https://biokimia.ipb.ac.id>

Julita, Marwan A.R, Anggraini D, Vianto, et al. 2023. Upaya pencegahan stunting dengan pemanfaatan singkong sebagai sumber bahan pangan local. *Jurnal pengabdian kepada Masyarakat*. Vol 4 (2) : 178-182.

- Khilyatul, A., Syafitri, Y., & Talitha, Z. A. (2024). Pengaruh penambahan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap karakteristik fisik dan bioaktif nuget ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 3(4), 15–22. <https://ojs.uho.ac.id/index.php/jstp/article/view/47315>
- Lin, M., Zhang, J., & Chen, X. (2018). Bioactive flavonoids in *Moringa oleifera* and their health-promoting properties. *South China Agricultural University*. 469–479. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464618303074>
- Makita, C., Chimuka, L., Steenkamp, P. A., & Cukrowska, E. M. (2016). Determination of total phenolic content, flavonoids, and antioxidant activity of selected traditional medicinal plant extracts. *South African Journal of Botany*, 105, 297–303. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.04.007>
- Marhaeni, A. (2021). Kandungan polifenol daun kelorsegar dan hasil ekstraksi. *Jurnal Gizi Pangan*, 14(2), 102-108. <https://ejournal.borobudur.ac.id/index.php/3/article/view/882>
- Mergypta, D., Budiharjo, A., & Kusdiyantini, E. (2014). Isolasi, karakterisasi bakteri asam laktat, dan analisis proksimat dari pangan fermentasi rusip ikan teri (*Stolephorus* sp.). *Jurnal Akademika Biologi*, 3(211-19). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/19440>
- Nazwa, I., & Rahayu, D. L. (2020). Parameter organoleptik nori daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan variasi konsentrasi kappa karagenan dan suhu pengeringan. *Edufortech*, 5(2), 147-157. <https://ejournal.upi.edu/index.php/edufortech/article/view/28817>
- Pop, O. L., Kerezsi, A. D., & Ciont, C. (2022). A comprehensive review of *Moringa oleifera* bioactive compounds—Cytotoxicity evaluation and their encapsulation. *Foods*, 11(23), 3787. <https://doi.org/10.3390/foods11233787>
- Santos, A. F. S., Argolo, A. C. C., Paiva, P. M. G., & Coelho, L. C. B. B. (2012). Antioxidant activity of *Moringa oleifera* tissue extracts. *Phytotherapy Research*, 26(1366–1370).
- Suriseti, D., Pandey, V. K., Dixit, R., Rustagi, S., Suthar, T., Atuahene, D., Nagy, V., Ungai, D., Mohamed Ahmed, A. E., Kovács, B., & Shaikh, A. M. (2024). Exploring the phytochemical, pharmacological, and nutritional properties of *Moringa oleifera*: A comprehensive review. *Nutrients*, 16(19), 3423. <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/19/3423>

- Unuigbe, C. A., Okeri, H. A., Erharuyi, O., Oghenero, E. E., & Obamedo, D. A. (2014). Phytochemical and antioxidant evaluation of *Moringa oleifera* (Moringaceae) leaf and seed. *Pharmacy and Bioresources*, 11(2), 51–57. https://www.researchgate.net/publication/277939976_Phytochemical_and_antioxidant_evaluation_of_Moringa_oleifera_Moringaceae_leaf_and_seed
- Vergara-Jimenez, M., Almatrafi, M. M., & Fernandez, M. L. (2017). Bioactive components in *Moringa oleifera* leaves protect against chronic disease. *Antioxidants*, 6(4), 91. <https://doi.org/10.3390/antiox6040091>
- Wiyono, A. E., Amilia, W., Shasabilah, R. T., Mulyana, R. A., & Pramesti, V. O. (2023). Potensi daun singkong (*Manihot esculenta* Crantz) sebagai pewarna alami. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 17(1), 27-36. <https://jurnal.unpad.ac.id/teknotan/article/view/44304>
- Yudiono, K. (2023). Aktivitas antioksidan, total polifenol, total flavonoid, dan sifat sensoris inovasi tempe kedelai dengan substitusi tepung daun kelor. *Agrointek*, 17(4), 746-754. https://www.researchgate.net/publication/384854964_Aktivitas_antioksidan_total_polifenol_total_flavonoid_dan_sifat_sensoris_inovasi_tempe_kedelai_dengan_substitusi_tepung_daun_kelor