

LITERATURE REVIEW FINGER MILLET (*ELUESINE CORACANA*): MORFOLOGI, TAKSONOMI, BIOAKTIF, TEKNOLOGI PENGOLAHAN, DAN TREN MASA DEPAN**Deviana Ayu Permata Putri**

Program Studi Magister Teknologi Pangan, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang

e-mail: devianaayupp@gmail.com

Abstract

Finger millet (*Eleusine coracana*) is an annual cereal crop that grows in arid and semi-arid areas in Asia and Africa. With a long history of domestication, this plant is resistant to drought, pests and disease, and is rich in important nutrients such as calcium and iron. Despite having great potential, finger millet is still underutilized optimally in many tropical and subtropical regions. Research on this plant is mainly related to morphological aspects, physicochemical characteristics, and processing technology that can increase the nutritional content and added value of processed products. In this literature review, various aspects of finger millet are discussed, including physicochemical characteristics, nutritional content, health benefits, and processing technologies that can improve its quality and nutritional availability. Future trends suggest that with advances in genomic technologies, such as Whole Genome Sequencing (WGS), finger millet can be further developed to increase its resistance to abiotic and nutritional stress, and meet global nutritional needs. Innovations in plant breeding and the development of processed products such as gluten-free flour or functional foods offer great opportunities to introduce finger millet as a sustainable food alternative. However, challenges in terms of research, breeding and distribution must be overcome so that the great potential of this plant can be realized. Therefore, finger millet has bright prospects as a solution for food security and public health in the future.

Article History

Submitted: 25 January 2025

Accepted: 3 February 2025

Published: 4 February 2025

Key Words

finger millet, morphology, nutrition, cereals, trends

Abstrak

Finger millet (Eleusine coracana) merupakan tanaman sereal tahunan yang tumbuh di daerah kering dan semi-kering di Asia dan Afrika. Dengan sejarah domestikasi yang panjang, tanaman ini memiliki ketahanan terhadap kekeringan, hama, dan penyakit, serta kaya akan nutrisi penting seperti kalsium dan zat besi. Meskipun memiliki potensi besar, *finger millet* masih kurang dimanfaatkan secara optimal di banyak wilayah tropis dan subtropis. Penelitian mengenai tanaman ini terutama berkaitan dengan aspek morfologi, karakteristik fisikokimia, serta teknologi pengolahan yang dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan nilai tambah produk olahan. Dalam tinjauan literatur ini, dibahas tentang berbagai aspek *finger millet*, termasuk karakteristik fisikokimia, kandungan gizi, manfaat kesehatan, serta teknologi pengolahan yang dapat meningkatkan kualitas dan ketersediaan nutrisinya. Tren masa depan menunjukkan bahwa dengan kemajuan dalam teknologi genomik, seperti *Whole Genome Sequencing (WGS)*, *finger millet* dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan ketahanannya terhadap stres abiotik dan nutrisi, serta memenuhi kebutuhan gizi global. Inovasi dalam pemuliaan tanaman dan pengembangan produk olahan seperti tepung bebas gluten atau makanan fungsional menawarkan peluang besar untuk memperkenalkan *finger millet* sebagai alternatif pangan yang berkelanjutan. Meskipun demikian, tantangan dalam hal penelitian, pemuliaan, dan distribusi harus diatasi agar potensi

Sejarah Artikel

Submitted: 25 January 2025

Accepted: 3 February 2025

Published: 4 February 2025

Kata Kunci*finger millet*, morfologi, nutrisi, sereal, tren

besar tanaman ini dapat terwujud. Oleh karena itu, *finger millet* memiliki prospek yang cerah sebagai solusi untuk ketahanan pangan dan kesehatan masyarakat di masa depan..

Pendahuluan

Finger millet, (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) adalah tanaman tahunan yang banyak dibudidayakan sebagai biji-bijian di daerah kering dan semi-kering di Asia dan Afrika. *Finger millet* awalnya berasal dari dataran tinggi Ethiopia dan diperkenalkan ke India sekitar 4000 tahun yang lalu. Millet jenis ini adalah biji-bijian minor yang paling penting di daerah tropis dan ditanam di lebih dari 25 negara di Afrika (timur dan selatan) serta Asia (dari Timur Tengah hingga Timur Jauh), dan menyumbang 12% dari area biji-bijian global. Afrika dan India menjadi wilayah utama tempat *finger millet* dibudidayakan.

Nama *finger millet* berasal dari kepala bulir padi, yang biasanya memiliki tiga hingga enam bulir padat yang menyebar seperti jari-jari di tangan. (Singh & Kumar, 2016). Beberapa nama umum dari *finger millet* antara lain, 'bulo', 'ragi', dan 'wimbi' (Uganda), 'tamba', 'pwana', dan 'sarga' (Nigeria), 'dagussa' (Ethiopia), 'ragi' dan 'mandua' (India), 'wimbe' (Afrika Timur), dan 'rapoko' di Afrika Selatan, sedangkan nama umum dalam bahasa Inggris adalah *African millet*, *birdsfoot*, dan *coracana*. *Finger millet* juga ditanam dalam skala kecil di beberapa bagian Asia Tenggara (Abioye *et al.*, 2022). Di Indonesia, *finger millet* diperkenalkan ke Sumatera dan juga Jawa. Nama Batak untuk *finger millet* adalah *jaba*; dalam bahasa Jawa disebut *suket lulangan* (Blench *et al.*, 2010; Martens, 2013).

Finger millet ditempatkan pada posisi keempat setelah sorgum, *pearl millet*, dan *foxtail millet* pada skala produksi sereal di Afrika dan Asia (Abioye *et al.*, 2022). *Finger millet* ditanam untuk makanan dan pembuatan bir, serta pakan ternak dan penggunaan obat-obatan. Tanaman ini tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan dan memiliki nilai gizi yang sangat baik. *Finger millet* adalah tanaman yang potensial untuk memenuhi kebutuhan nutrisi populasi dunia yang terus meningkat. *Finger millet* berfungsi sebagai tanaman subsisten dan keamanan pangan, terutama penting karena nilai gizi dan budaya (Singh & Kumar, 2016).

Millet, khususnya *finger millet* menjadi tanaman yang memiliki potensi besar namun masih kurang dimanfaatkan secara optimal, khususnya di wilayah tropis dan subtropis. Tanaman ini dikenal karena ketahanannya terhadap berbagai kondisi ekstrem, seperti hama, penyakit, dan kekeringan. *Finger millet* juga memiliki nilai gizi yang tinggi dan dapat diproses menjadi berbagai produk bernilai tambah, seperti makanan dan minuman. Keunggulan lainnya adalah sifatnya yang bebas gluten, sehingga aman dikonsumsi oleh individu dengan gangguan pencernaan tertentu. Seiring dengan meningkatnya populasi dunia, pemanfaatan millet sebagai sumber pangan alternatif menjadi semakin relevan. Topik ini menjadi semakin penting untuk dibahas, baik di dunia pendidikan maupun masyarakat umum, karena dapat membuka wawasan mengenai alternatif sumber pangan yang berkelanjutan dan bernutrisi tinggi. Oleh karena itu, dalam kajian ini akan dibahas mengenai morfologi, taksonomi, karakteristik fisik dan kimia, komponen bioaktif, teknologi dan produk olahan *finger millet* sebagai sumber pangan yang bernilai gizi, serta relevansinya dalam menghadapi tantangan global terkait ketahanan pangan dan kesehatan masyarakat.

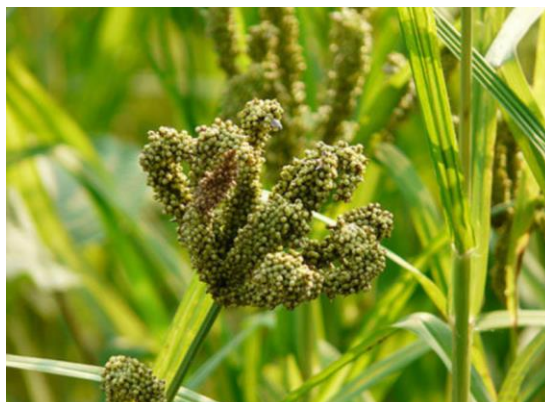
Hasil dan Pembahasan

Morfologi tanaman *finger millet*

Finger millet merupakan tanaman tahunan yang termasuk dalam famili rumput-rumputan. Biji *finger millet* sebagian besar ditanam di daerah dengan curah hujan sedikit atau sedang dan dapat dengan mudah beradaptasi dengan berbagai kondisi agroklimat. Tanaman ini didomestikasi sekitar 5000 tahun yang lalu dari subspecies liar di dataran tinggi Ethiopia dan Uganda. Sekitar 3000 tahun yang lalu, *finger millet* awalnya dibudidayakan di dataran rendah Afrika dan kemudian dibawa ke India, sebuah negara yang menjadi pusat sekunder untuk keanekaragamannya. *Finger millet* tahan terhadap kekeringan dan kerusakan serangga serta dapat disimpan dalam waktu lama (Adeboye *et al.*, 2021). *Finger millet* juga tahan terhadap hama penyimpanan dan dapat bertahan hingga 10 tahun tanpa kerusakan (Abioye *et al.*, 2022).

Finger millet menunjukkan kemampuan adaptasi yang luas berkat musim tanamnya yang relatif singkat dan fleksibel. Sebagai tanaman hari pendek, panjang hari kritisnya sebagian besar mendekati 12 jam. Tanaman ini tumbuh optimal di dataran tinggi di mana sereal utama lainnya seringkali gagal berkembang. *Finger millet* dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian antara 500 hingga 2400 meter di atas permukaan laut, meskipun di dataran sangat tinggi, kegagalan reproduksi dapat mengakibatkan pembentukan benih yang kurang baik. Kebutuhan curah hujan rata-rata tanaman ini adalah sekitar 500 mm per tahun, namun tanaman ini juga memiliki toleransi terhadap kisaran curah hujan antara 300 hingga 4000 mm per tahun. Kondisi cuaca kering dapat mendukung perkembangan biji yang sehat saat matang, sedangkan cuaca basah dapat menyebabkan biji menghitam pada tanaman itu sendiri. *Finger millet* tumbuh optimal di daerah dengan suhu rata-rata antara 11 hingga 28 °C, meskipun tanaman ini juga mampu bertahan pada suhu tinggi (Sood *et al.*, 2019).

Di wilayah tropis India dan Afrika, tanaman ini paling baik berkembang di lokasi dengan suhu maksimum rata-rata melebihi 27 °C dan suhu minimum rata-rata tidak turun di bawah 18 °C. Seperti halnya jagung, sorgum, dan tebu, *finger millet* memiliki jalur fotosintesis C4 yang efisien, memungkinkan tanaman ini untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan dan iklim. *Finger millet* dapat ditanam pada berbagai jenis tanah, meskipun umumnya tumbuh subur di tanah laterit berwarna merah kecokelatan dengan drainase yang baik di daerah tropis. Tanah lempung berpasir dengan drainase bebas yang menerima distribusi curah hujan yang merata selama musim tanam dianggap sebagai media tanam terbaik (Sood *et al.*, 2019).



Gambar 1. *Finger Millet*
(Sumber: Blench *et al.*, 2010)

Di sebagian besar wilayah Afrika dan Asia, tinggi tanaman millet ini berkisar antara 30–150 m dengan waktu pematangan dalam 75–160 hari. Biji-bijian ini memiliki warna yang berbeda, seperti putih, cokelat muda, atau cokelat tua, dan dikonsumsi dalam berbagai bentuk. Biji *finger millet* berbentuk oval hingga bulat, berwarna coklat kemerahan hingga putih dengan permukaan biji yang halus. Pada saat masa pematangan, biji *finger millet* mudah rontok. Daun dan batang *finger millet* umumnya berwarna hijau. *Finger millet* memiliki daun yang mengkilap, berbentuk seperti tulang rusuk, sulit dipatahkan, dan panjangnya 22–50 cm dengan lebar 0,6–1 cm. Tanaman ini memiliki sistem akar yang sangat kuat, sehingga sulit dicabut dari tanah dengan tangan. Bentuk dari batang dan seludang daun pipih dengan ligula yang merupakan membran berbulu. *Finger millet* memiliki bunga yang terdiri dari sekelompok spikelet yang sering disebut sebagai jari. Spikelet terdiri dari 4–10 bunga yang tersusun dalam satu baris pada jari. Panjang spikelet *finger millet* yaitu 5–8 mm dengan lebar 3–4 mm. Spikeletnya tidak terputus (berpisah pada sambungan) saat matang. Semua bunga *finger millet* adalah bunga sempurna kecuali bunga terminal yang terkadang tidak subur (Singh & Kumar, 2016; Sood *et al.*, 2019). Dalam sebuah studi baru-baru ini, akar *finger millet* telah menunjukkan pertahanan antijamur untuk *Fusarium graminearum*, yang merupakan penyakit yang merusak pada sereal utama. Akar *finger millet* mengandung M6, bakteri yang menghasilkan fungisida alami untuk membunuh jamur (Mousa *et al.*, 2016).

Taksonomi dan varietas *finger millet*

Genus *Eleusine* terdiri dari 10 spesies yang tersebar di wilayah tropis dan subtropis Afrika, Asia, dan Amerika. Sembilan spesies di antaranya, yaitu *E. africana*, *E. coracana*, *E. kigeziensis*, *E. indica*, *E. floccifolia*, *E. intermedia*, *E. multiflora*, *E. jaegeri*, dan *E. semisterilis*, ditemukan di Afrika Timur, yang dianggap sebagai pusat utama keanekaragaman hayati genus ini (Sood *et al.*, 2019). Taksonomi *finger millet* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Taksonomi *Finger Millet*

<i>Kingdom</i>	Plantae – Plants
<i>Subkingdom</i>	Tracheobionta – Vascular Plants
<i>Superdivison</i>	Spermatophyta – seed plants
<i>Divison</i>	Magnoliophyta – flowering plants
<i>Class</i>	Liliopsida – monocotyledons
<i>Subclass</i>	Commelinidae
<i>Order</i>	Cyperales
<i>Family</i>	Poaceae Barnhart – grass family
<i>Subfamily</i>	Chloridiodeae
<i>Genus</i>	Eleusine Gaertn – goosegrass
<i>Species</i>	<i>Eleusine coracana</i> (L.) Gaertn. – Finger Millet

Sumber: (Swamy, 2023; USDA)

Menurut Keputusan Kepala Badan Pangan Nasional Republik Indoneisa Nomor 337 tentang Pedoman Klasifikasi Pangan Segar, klasifikasi dari millet jenis *finger millet* yaitu:

Tabel 2. Klasifikasi *Finger millet*

Kelompok	Serealialia (<i>Cereal grains</i>)
Sub kelompok	Serealialia
Jenis pangan	Millet
Varietas	<i>Finger millet</i>
Nama latin	<i>Eleusine coracana</i>

Genus *Eleusine* mencakup spesies dengan jumlah kromosom diploid dan poliploid, dengan tiga nomor dasar kromosom, yaitu 8, 9, dan 10. Spesies-spesies ini kemudian dikelompokkan menjadi dua kategori utama berdasarkan kebiasaan pertumbuhannya, yaitu spesies tahunan dan spesies semusim dengan perbedaan morfologi yang jelas di antara keduanya. Meskipun tidak ada pembagian yang tegas dalam mengkategorikan gen *Eleusine* ke dalam kelas-kelas tertentu, pengelompokan berdasarkan budidaya, kebiasaan pertumbuhan, ploidi, dan hambatan hibridisasi telah menghasilkan tiga kategori utama dalam klasifikasi gen *Eleusine*. Kumpulan gen primer mencakup bentuk *finger millet* (*E. coracana*) baik yang dibudidayakan maupun liar. Spesies liar progenitor diploid membentuk kumpulan gen sekunder, sedangkan kumpulan gen tersier mencakup spesies *Eleusine* lainnya.

Finger millet memiliki dua subspecies, yaitu bentuk liar (*E. coracana* subsp. *africana*) dan bentuk budidaya (*E. coracana* subsp. *coracana*) (Gambar 2.). Spesies *finger millet* dari Afrika (*E. coracana* subsp. *africana*) mirip dengan rumput India (*E. indica*), tetapi rumput India memiliki spikelet yang lebih kecil dan biji yang berbentuk oval, bukan bulat. Biji *Eleusine* memiliki lapisan luar (perikarp) yang tidak menyatu dan bisa mudah dihilangkan dari cangkang biji (testa) (Singh & Kumar, 2016).



Gambar 2. Subspesies *Finger millet* *E. coracana* subsp. *Africana* dan *E. coracana* subsp. *Coracana*

(Sumber: Singh & Kumar, 2016)

Finger millet yang dibudidayakan (*E. coracana* subspecies *coracana*) dan spesies progenitor langsungnya, *E. coracana* subspecies *africana*, membentuk kumpulan gen primer. Spesies liar diploid seperti *E. indica*, *E. floccifolia*, dan *E. tristachya* membentuk kumpulan gen sekunder, sedangkan kumpulan gen tersier meliputi spesies seperti *E. intermedia*, *E. jaegeri*, *E. kigeziensis*, *E. multiflora*, dan *E. semisterilis* (*E. compressa*). Plasma nutfah dari spesies-spesies ini selanjutnya diklasifikasikan menjadi ras dan subras berdasarkan morfologi dan struktur perbungaan. Subspesies *E. coracana coracana* terdiri dari empat ras yang dibudidayakan, yaitu *elongata*, *plana*, *compacta*, dan *vulgaris*, sementara subspecies *africana* memiliki dua ras liar, yaitu *africana* dan *spontanea*. Ras-ras ini kemudian dikelompokkan lebih lanjut ke dalam subras. Ras *elongata* diklasifikasikan menjadi tiga subras, yaitu *laxa*, *reclusa*, dan *sparsa*; ras *plana* juga terbagi dalam tiga subras, yaitu *seriata*, *confundere*, dan *grandigluma*; ras *compacta* tidak memiliki subras,

sedangkan ras *vulgaris* terbagi menjadi empat subras, yaitu *liliacea*, *stellata*, *incurvata*, dan *digitata* (Sood et al., 2019)

Karakteristik fisikokimia

Finger millet (*E. coracana*) adalah salah satu sereal yang memiliki banyak potensi sebagai sumber pangan yang bergizi dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Karakteristik fisik dan kimia dari *finger millet* menjadikannya pilihan yang menarik dalam konteks ketahanan pangan, terutama di daerah yang mengalami kekeringan atau perubahan iklim yang ekstrem. Dari segi fisik, biji *finger millet* memiliki ukuran kecil, keras, dan memiliki warna yang bervariasi dari coklat ke merah tergantung pada varietasnya. Dari sisi komposisi kimianya, *finger millet* kaya akan nutrisi, seperti karbohidrat kompleks, serat, serta sejumlah vitamin dan mineral penting, termasuk kalsium dan zat besi. Kandungan antioksidan dalam *finger millet* juga relatif tinggi, menjadikannya sebagai sumber pangan yang tidak hanya bergizi, tetapi juga berpotensi memberikan manfaat kesehatan. Karakteristik fisikokimia *finger millet* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Karakteristik Fisikokimia *Finger Millet*

Parameter	Karakteristik
Fisik	<i>Grain diameter</i> (mm) 1,35–1,5
	<i>Grain surface area</i> (mm ²) 5,73–9,2
	Panjang (mm) 1,41–1,67
	Lebar (mm) 1,28–1,47
	Ketebalan (mm) 1,22–1,35
	1000 <i>kernel weight</i> (g) 3,5
	1000 <i>kernel volume</i> (g/ml) 4,2
	<i>Bulk density</i> (kg/m ³) 993,6–1158
	<i>True density</i> (kg/m ³) 1515,6–1613,4
	<i>Porosity</i> (%) 24,31–36
	<i>Hardness</i> (N) 38

	Solubilitas 30°C (g%)	1
	Solubilitas 95°C (g%)	1,5
	Swelling 30°C (g%)	85
	Swelling 95°C (g%)	505
	Viscosity 10% slurry (cPs)	1717
	Suhu gelatinisasi (°C)	72,7
	L*	23,8
	a*	9,1
	b*	7,3
	ΔE	68,1
Kimia	Moisture content (%)	7,88–9,38
	Ash (%)	2,6
	pH	6,2–8,5
	Total Titrable Acid (TTA)	0,036–0,17

Sumber: (Abioye *et al.*, 2022; Dharmaraj *et al.*, 2015; Erasmus *et al.*, 2018; Owheruo *et al.*, 2019; Ramashia *et al.*, 2018)

Kandungan nutrisi

Millet memiliki potensi gizi yang signifikan, terutama dalam kandungan protein, karbohidrat, dan nilai energi, yang setara dengan sereal seperti beras, gandum, barley, dan bajra. Khususnya, *finger millet* mengandung sekitar 5–12,7% protein, 1–2% ekstrak eter, 72–83,3% karbohidrat, 15–22% serat makanan, dan 2,5–3,5% mineral (Tabel 2.) Di antara berbagai sereal, *finger millet* memiliki kandungan kalsium tertinggi. Millet juga mengandung beberapa senyawa seperti fitat (0,48%), polifenol, tanin (0,61%), faktor penghambat tripsin, dan serat makanan, yang sebelumnya

dianggap sebagai "anti-nutrisi" karena kemampuannya dalam mengikat logam dan menghambat aktivitas enzim. Kini, senyawa-senyawa tersebut telah diakui sebagai *nutraceuticals*. Bagian kulit biji millet merupakan komponen yang dapat dikonsumsi dan menjadi sumber fitokimia yang kaya, termasuk serat makanan dan polifenol (0,2–3,0%). Penelitian terkini menunjukkan bahwa fitat, polifenol, dan tanin dalam millet berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, yang memainkan peran penting dalam kesehatan, proses penuaan, dan pengelolaan penyakit metabolik (Devi *et al.*, 2014)

Tabel 4. Kandungan Gizi *Finger Millet*

Kandungan Proksimat (per 100 g)		Kandungan Vitamin (per 100 g)		Kandungan Mineral (mg/100 g)	
Protein (g)	5 - 12,7%	Thiamine (mg)	0,2 - 0,48	Ca	220 – 398
Lemak (g)	1,5 - 3,5	Riboflavin (mg)	0,12 - 0,6	P	130 – 283
Serat Kasar (g)	3,6 - 4,3	Niacin (mg)	1 - 4,2	K	408 – 490
Karbohidrat (g)	72 - 83,3	Total folic acid (µg)	18,3	Na	11 – 49
Energi (Kcal)	336	Vitamin E (mg)	22	Mg	78 – 201
TDF (%)	15 - 22	Ascorbic acid (mg)	0,11 - 1	Fe	3,3 - 14,89
				Mn	5,94 - 48,43

Sumber: (Abioye *et al.*, 2022; Gaikwad *et al.*, 2024; Sood *et al.*, 2019)

Protein

Menurut Gaikwad *et al.* (2024), kandungan protein dari *finger millet* bervariasi tergantung pada varietasnya, berkisar antara 5 hingga 12%. Sebuah studi oleh Swamy, (2023) menunjukkan bahwa proses *malting finger millet* selama 8 hingga 24 jam dapat meningkatkan kadar protein menjadi antara 14% hingga 17,5%, dengan waktu perkecambahan yang lebih lama berkontribusi pada peningkatan tersebut. Aktivitas hidrolitik yang terjadi selama proses perkecambahan ini juga meningkatkan nilai gizi dari biji *finger millet*. Sebagai tambahan, penelitian menunjukkan bahwa kadar protein kasar *finger millet* umumnya berkisar antara 5,6 hingga 12,7%, dengan nilai rata-rata yang dilaporkan oleh Abioye *et al.* (2022) mencapai 9,7% dan variasi antara 4,88 hingga 15,58% ditemukan dalam analisis 16 kultivar berbeda. Penelitian lain juga melaporkan kandungan protein yang bervariasi antara 5 hingga 13% (Devi *et al.*, 2014; Ramashia *et al.*, 2018). Untuk mengevaluasi kualitas protein dari tanaman pangan, jenis asam amino esensial dan daya cerna protein menjadi faktor penting yang diperhitungkan (Abioye *et al.*, 2022; Gaikwad *et al.*, 2024).

Tabel 5. Komposisi Asam Amino *Finger Millet* (Abioye *et al.*, 2022; Sood *et al.*, 2019)

Asam Esensial (g/100 protein)	Amino (g/100 g)	Asam Esensial (g/100 protein)	Amino Non- (g/100 g)
Phe	4,1 - 6,2	Asp	6,5 - 7,9
His	2,2 - 2,6	Glu	20,3 - 27,1
Ile	4,3 - 5,1	Ala	6,1 - 8,0
Leu	6,6 - 13,5	Arg	2,77 - 5,2
Lys	2,2 - 3,7	Cys	1,6 - 2,5
Met	2,5 - 3,51	Gly	2,14 - 4,8
Thr	3,4 - 5,1	Pro	6,7 - 9,9
Val	7,9	Ser	3,6 - 6,9
		Tyr	2,79 - 3,6
		Trp	1,3

Sumber: (Abioye *et al.*, 2022; Sood *et al.*, 2019)

Finger millet merupakan sumber biji-bijian yang kaya akan asam amino, termasuk metionin (3,1 g), isoleusin (4,4 g), leusin (9,5 g), dan fenilalanin (5,2 g). Dari semua asam amino yang terdapat dalam *finger millet*, 44,7% adalah asam amino esensial, seperti metionin dan triptofan, yang lebih tinggi dari 33,9% asam amino esensial yang disyaratkan dalam protein referensi FAO (Tabel 3.) (Gaikwad *et al.*, 2024). Menurut Abioye *et al.* (2022), *finger millet* mengandung jumlah tryptophan dan treonin yang signifikan, yang kurang dalam sereal lainnya, serta 99,1 mg protein terlarut per 100 g. Asam amino yang mengandung sulfur dalam *finger millet* sebanding dengan yang ditemukan dalam susu sapi. Daya cerna protein sereal ini berkisar antara 50 hingga 65%.

Lemak

Gaikwad *et al.* (2024) melaporkan bahwa kandungan lipid dalam millet sebanding dengan gandum dan beras, masing-masing sebesar 2,0% dan 2,7%, dengan rentang antara 1,43 hingga 6,0 g/100 g. Lipid dalam *finger millet* terdiri dari 70–72% lipid netral (terutama trigliserida dan jejak sterol), 10–12% glikolipid, dan 5–6% fosfolipid. Kandungan asam oleat berkisar antara 46–62%, asam linoleat 8–27%, serta asam palmitat 20–35%, dengan jejak asam linolenat. *Finger millet* memiliki kandungan lipid terendah di antara semua varietas, yang mungkin menjadi salah satu

faktor utama yang berkontribusi terhadap sifat ketahanannya yang lebih baik dibandingkan dengan biji-bijian minor lainnya seperti *pearl millet*, *barnyard millet*, dan *foxtail millet*.

Karbohidrat

Kandungan total karbohidrat dalam *finger millet* dilaporkan berkisar antara 72–79,5%, yang terdiri dari gula bebas (1,04%), pati (65,5%), dan polisakarida non-pati atau serat makanan (11,5%) (Gaikwad *et al.*, 2024). Menurut Abioye *et al.* (2022), komposisi karbohidrat *finger millet* mencakup 59,5–21,1% pati, 1,4–1,8% selulosa, dan 0,04–0,6% lignin. Kandungan pati berkisar antara 59,4 hingga 70,2% dari bahan kering, dengan 80–85% amilopektin dan 15% amilosa. Kandungan serat makanan dalam *finger millet* jauh lebih tinggi (11,5%) dibandingkan dengan beras cokelat, beras halus, dan semua jenis millet lainnya seperti *foxtail*, *little*, kodo, dan *barnyard millet*.

Pati *finger millet* memiliki kandungan amilosa yang lebih rendah (16%) dibandingkan dengan millet lainnya. Selain itu, pati *finger millet* memiliki viskositas *set back* tertinggi (560 BU), yang didukung oleh pendinginan, sehingga lebih memfasilitasi retrogradasi. Menurut Abioye *et al.* (2022), polisakarida non-pati menyumbang 20–30% dari total karbohidrat dalam *finger millet*. *Finger millet* juga mengandung sekitar 1,5% gula reduksi dan 0,03% gula non-reduksi. Total gula dalam *finger millet* dilaporkan berkisar antara 0,59 dan 0,69 g/100 g, dengan sukrosa sebagai gula utama (0,20–0,24 g/100 g).

Serat pangan

Finger millet adalah sumber karbohidrat seperti sereal lainnya. Namun, proporsi serat makanan dalam *finger millet* lebih tinggi dibandingkan dengan banyak jenis sereal lainnya. Serat makanan dan serat kasar *finger millet*, menurut Rathore (2019) masing-masing adalah 18,6% dan 4,3%. Abioye *et al.* (2022) melaporkan total serat makanan sebesar 12%, dengan 11% serat makanan tidak larut dan 2% serat makanan larut. Serat makanan dari sumber nabati memiliki pengaruh yang lebih besar dalam menjaga kadar glukosa darah normal setelah konsumsi makanan yang mengandung karbohidrat (Udeh *et al.*, 2017). Polisakarida larut dapat dimetabolisme di usus halus dan besar melalui aksi enzim bakteri. Produk metabolisme ini membantu pencernaan dan menjaga mikrobiota sehat di usus besar. Serat makanan sebagai senyawa bioaktif kini sangat populer dalam nutrisi karena kontribusi positifnya terhadap kesehatan dan kualitas hidup (Udeh *et al.*, 2017).

Abioye *et al.* (2022) melaporkan serat makanan dalam biji *finger millet* sebesar 18,6%. Ditunjukkan juga bahwa serat makanan dari sepuluh varietas berkisar antara 7–21,2%, dengan varietas dari daerah dataran rendah menunjukkan serat makanan lebih tinggi dibandingkan varietas dari daerah berbukit. Para peneliti menunjukkan bahwa serat makanan (DF) menyusun sekitar 22,0% dari millet, yang mencakup polisakarida non-pati, selulosa, pektin, dan lignin (Abioye *et al.*, 2022). Polisakarida non-pati sebagian besar adalah arabinoxylan, dengan sedikit β -glukan sebagai tambahan. Baik arabinoxylan maupun β -glukan merupakan komponen utama dari fraksi serat makanan larut dalam biji-bijian. Kandungan serat non-makanan juga bervariasi antara 22,92 hingga 57,25% dari bahan kering (DM) (Abioye *et al.*, 2022). Serat larut dalam air (SDF) dan serat

tidak larut dalam air (IDF) memiliki efek terapeutik yang berbeda. SDF, yang terdiri dari *non-starch polysaccharides* (NSP), terutama β -glukan dan arabinoxylan, penting dalam makanan karena dapat menjebak lemak di saluran pencernaan, menurunkan kadar kolesterol dalam darah, serta mengurangi risiko penyakit jantung. SDF juga berfungsi memperlambat penyerapan glukosa di usus kecil, yang bermanfaat bagi individu dengan diabetes. Dengan demikian, kandungan serat dalam *finger millet* tidak hanya berkontribusi pada kesehatan pencernaan, tetapi juga mendukung pengelolaan kadar glukosa dan kolesterol dalam tubuh (Devi *et al.*, 2014).

Vitamin

Mikronutrien, termasuk vitamin yang terdapat dalam *finger millet* sangat penting untuk perkembangan dan pemeliharaan tubuh manusia (Tabel 2.). Vitamin dibagi menjadi dua kelompok utama: vitamin yang larut dalam lemak dan yang larut dalam air. Sebagian besar makanan probiotik mengandung asam lemak, vitamin, dan nutrisi penting lainnya yang meningkatkan ketahanan tubuh terhadap mikroorganisme patogen. Gaikwad *et al.* (2024) mencatat bahwa fermentasi *finger millet* dapat meningkatkan konsentrasi beberapa vitamin, seperti riboflavin (0,60 mg/100 g), asam pantotenat (1,6 mg/100 g), dan niasin (4,2 mg/100 g).

Namun, meskipun terdapat beberapa vitamin, *finger millet* tidak dianggap sebagai sumber vitamin yang melimpah. *Finger millet* hanya mengandung sejumlah kecil vitamin A dan B, tetapi kurang akan vitamin C. Sebagai gantinya, *finger millet* memiliki kadar riboflavin, niasin, tiamin, dan asam folat yang lebih tinggi (Devi *et al.*, 2014). Misalnya, varietas *finger millet* berwarna krim, coklat, dan hitam memiliki kandungan vitamin B1 masing-masing 0,27, 0,27, dan 0,43 mg/100 g (Ramashia *et al.*, 2018). Selain itu, *finger millet* memiliki konsentrasi tokoferol sebesar 4,1 mg/100 g. *Finger millet* juga mengandung 6 ekivalen retinol dari vitamin A dan 45 μ g/100 g karoten. Cultivar 'indaf' secara khusus memiliki 0,229 mg/100 g tiamin, 0,093 mg/100 g riboflavin, 2,22 mg/100 g niasin, dan 0,11 mg/100 g asam askorbat (Abioye *et al.*, 2022).

Mineral

Di antara semua sereal dan millet, *finger millet* unggul karena kandungan mineralnya, dengan tingkat kalsium (344 mg/100g) dan kalium (408 mg/100g) tertinggi (Tabel 2.). Variasi signifikan kandungan mineral *finger millet* sebagian besar dipengaruhi oleh faktor genetik dan kondisi lingkungan (Gaikwad *et al.*, 2024). Pentingnya mineral ini dalam nutrisi manusia sangat krusial, terutama karena kalsium (Ca) memainkan peran penting dalam berbagai fungsi tubuh, termasuk transmisi impuls saraf, kontraksi otot, pembekuan darah, dan aktivasi enzim. Selain itu, asupan kalsium yang cukup sangat penting untuk melindungi dari beberapa jenis kanker dan untuk perkembangan kerangka janin selama kehamilan (Maharajan *et al.*, 2021).

Secara global, sekitar 3,5 miliar orang menderita kekurangan kalsium, dengan persentase signifikan di Afrika dan Asia (Kumssa *et al.*, 2015). Kekurangan ini terkait dengan masalah kesehatan serius, termasuk osteoporosis, terutama di kalangan lanjut usia. Sayangnya, banyak individu berpenghasilan rendah di negara berkembang tidak mampu memenuhi sumber kalsium yang cukup, seperti susu, yang vital untuk menjaga kadar kalsium yang adekuat dalam tubuh

(Thorning *et al.*, 2016). Kandungan kalsiumnya hampir sepuluh kali lebih tinggi dibandingkan dengan gandum, jagung, dan beras, dan tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan susu (Kumar *et al.*, 2016). Selain itu, kandungan mineral lainnya seperti fosfor, besi, dan mangan yang lebih tinggi semakin meningkatkan profil nutrisinya. Sementara tanaman seperti beras dan gandum sangat penting untuk keamanan pangan, *finger millet* memberikan keamanan nutrisi, terutama di daerah tropis dan subtropis (Antony Ceasar *et al.*, 2018; Devi *et al.*, 2014)

Manfaat kesehatan

Polifenol

Minat masyarakat saat ini mengarah pada kebutuhan esensial untuk umur Panjang. Hal ini berkaitan dengan polifenol yang berperan dalam menjaga fungsi tubuh dan kesehatan sepanjang fase dewasa dan fase kehidupan selanjutnya. Polifenol adalah kelas senyawa yang besar dan beragam, banyak di antaranya ditemukan secara alami dalam berbagai tanaman pangan. Senyawa fenolik (hidroksibenzena), khususnya polifenol (yang mengandung dua atau lebih kelompok fenolik), terdapat di hampir semua makanan nabati yang dikonsumsi oleh manusia dan hewan. Polifenol utama dalam sereal adalah asam fenolik dan tannin, sementara flavonoid hadir dalam jumlah yang lebih kecil. Meskipun senyawa ini tidak memiliki peran langsung yang diketahui dalam nutrisi (bukan nutrisi), banyak dari mereka memiliki sifat-sifat, termasuk antioksidan, anti-mutagenik, anti-estrogenik, anti-karsinogenik, dan anti-inflamasi, efek antiviral, serta aktivitas penghambatan yang mungkin bermanfaat dalam mencegah atau meminimalkan timbulnya penyakit. Biji *finger millet* yang kecil memiliki kulit biji berwarna coklat tua, kaya akan polifenol dibandingkan dengan banyak sereal kontinen lainnya seperti jelai, beras, jagung, dan gandum (Devi *et al.*, 2014).

Komponen fenolik

Pada ulasan yang ditulis oleh Devi *et al.* (2014), senyawa fenolik dalam biji tidak terdistribusi secara merata. Distribusi senyawa fenolik sebagian besar terkonsentrasi di lapisan luar, seperti lapisan aleurone, testa, dan pericarp. Pada millet, 60% dari senyawa fenolik terkonsentrasi di jaringan kulit biji yang menyusun sekitar 12% dari massa biji dengan bentuk bebas, konjugat yang larut, dan bentuk terikat yang tidak larut. Senyawa fenolik terikat utama yang terdapat dalam *finger millet* adalah asam ferulat dan asam p-kumarat, dan fraksi fenolik terikat menyusun 64–96% dari total kandungan asam ferulat serta 50–99% dari total kandungan asam p-kumarat biji millet.

Varietas *finger millet* juga diketahui mengandung proantosianidin, yang dikenal sebagai tannin terkondenser. Procyanidin adalah polifenol dengan berat molekul tinggi yang terdiri dari unit flavan-3-ol dan/atau flavan-3,4-diol yang terpolimerisasi. Senyawa ini memiliki aktivitas biologis dan, jika terdapat dalam jumlah yang memadai, dapat menurunkan nilai gizi serta ketersediaan biologis protein dan mineral. Beberapa penelitian *in vivo* telah menunjukkan sifat anti-inflamasi, antiviral, antibakteri, dan antioksidan dari senyawa ini. Tannin terkondenser umumnya lebih efektif sebagai antioksidan dibandingkan monomer yang sebanding. Di antara varietas millet yang diteliti, *finger millet* lokal memiliki kandungan tertinggi ($311,28 \pm 3,0 \mu\text{mol}$).

Sifat antimikroba

Senyawa fenolik yang terdapat pada tumbuhan memiliki peranan penting dalam mengurangi intensitas berbagai penyakit dan menghambat pertumbuhan beberapa jenis jamur secara *in vitro*. Senyawa fenolik dalam biji *finger millet*, termasuk tanin, berkontribusi pada ketahanan biji terhadap serangan jamur. Tanin yang terdapat di lapisan luar biji, berfungsi sebagai penghalang fisik terhadap invasi jamur. Ekstrak metanol asam dari kulit biji menunjukkan aktivitas antibakteri dan antifungal yang tinggi dibandingkan dengan ekstrak dari tepung utuh, hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan polifenol dalam kulit biji. Senyawa fenolik dapat membunuh jamur dengan dua cara, yaitu dengan menghasilkan radikal bebas yang merusak membran sel jamur dan senyawa ini dapat berikatan dengan asam amino di dalam jamur sehingga mengganggu fungsi enzim. Dengan cara ini, senyawa fenolik membantu melawan infeksi jamur. Selain itu, kehilangan fungsionalitas senyawa ini serta interaksinya dengan biopolimer seperti protein dan polisakarida, serta kompleksasi dengan ion logam membuat senyawa tersebut tidak tersedia bagi mikroorganisme. Kandungan polifenol dalam *finger millet* dipengaruhi oleh kualitas penyimpanan dan produk olahannya (Devi *et al.*, 2014).

Sifat antioksidan

Bagian kulit *finger millet* kaya akan senyawa fenolik, terutama turunan asam benzoat, yang memiliki aktivitas antioksidan. Asam protokatekuat adalah asam fenolik bebas utama yang ditemukan dalam biji *finger millet* dengan kadar 45,0 mg/100 g. Sekitar 85% senyawa fenolik dalam *finger millet* adalah turunan asam benzoat (seperti asam galat dan asam vanilat), dan sisanya adalah turunan asam sinamat atau flavonoid. Di antara asam fenolik terikat, asam ferulat dan p-kumarat adalah yang paling banyak, menyumbang 64–96% dan 50–99% dari total kandungan masing-masing (Devi *et al.*, 2014).

Penelitian menunjukkan bahwa kapasitas total antioksidan millet, termasuk *finger millet* dan proso millet, lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lain, dengan kandungan karotenoid bervariasi antara 78–366 mg/100 g. Varietas *finger* dan proso millet memiliki kandungan tokoferol yang lebih tinggi (3,6–4,0 mg/100 g) dibandingkan dengan varietas *foxtail* dan *little millet* (~1,3 mg/100 g) (Devi *et al.*, 2014). Xiang *et al.* (2018) menemukan perbedaan signifikan dalam sifat antioksidan dari empat varietas *finger millet* di Malawi, di mana varietas cokelat menunjukkan kandungan fenolik, flavonoid, dan tanin tertinggi. Sementara itu, varietas putih memiliki kandungan antioksidan terendah. Rata-rata, *finger millet* putih mengandung 0,04–0,09% polifenol, sedangkan varietas cokelat mengandung 0,08–3,47% (Kumar *et al.*, 2016). Studi pada varietas dari Sri Lanka menunjukkan bahwa varietas '*Oshawa*' memiliki aktivitas antioksidan lebih baik dibandingkan '*Ravana*' dengan kandungan fenolik total mencapai 8,08 mg setara GAE/g (Jayawardana *et al.*, 2018). Selain itu, variasi dalam kandungan asam askorbat pada beberapa varietas *finger millet* India menyoroti potensi mereka untuk meningkatkan kekebalan tubuh dan penyerapan zat besi (Abioye *et al.*, 2022).

Respon glikemik

Diet millet, terutama *finger millet*, sering dianjurkan untuk penderita diabetes karena dapat membantu menjaga kadar gula darah. Penelitian menunjukkan bahwa karbohidrat dalam *finger millet* dicerna dan diserap lebih lambat dibandingkan dengan sereal lainnya. Mengonsumsi *finger millet* secara teratur dapat menurunkan risiko diabetes mellitus dan masalah pencernaan, karena adanya kandungan polifenol dan serat yang tinggi. Senyawa fenolik dalam *finger millet* membantu dengan menghambat sebagian enzim yang mengubah karbohidrat kompleks menjadi gula, sehingga memperlambat penyerapan gula dan membantu mengontrol kadar gula darah setelah makan. Hal ini juga disampaikan oleh Kumar *et al.* (2016), hiperglikemia setelah makan bisa dikelola dengan obat-obatan yang menghambat enzim α -glukosidase dan amilase pankreas, tetapi juga ada potensi dari inhibitor alami. Ekstrak fenolik dari kulit biji *finger millet* terbukti efektif sebagai penghambat enzim-enzim ini, yang sangat berguna dalam mengatasi diabetes karena dapat menurunkan kadar gula darah. Selain itu, serat makanan juga membantu dengan memperlambat proses pencernaan dan pembentukan kompleks yang sulit dicerna dengan karbohidrat, yang dapat mengurangi jumlah gula yang diserap oleh tubuh (Devi *et al.*, 2014).

Kalsium dan magnesium yang terdapat dalam *finger millet* juga disarankan untuk mengurangi risiko diabetes tipe 2. Penelitian menunjukkan bahwa mengonsumsi tepung multigrain yang mengandung 30% *finger millet* dapat secara signifikan menurunkan kadar gula plasma. Kehadiran senyawa anti-nutrisi dalam *finger millet*, seperti tanin dan fitat, juga dapat membantu menurunkan respons gula darah dengan mengurangi pencernaan dan penyerapan pati. Selain itu, diet *finger millet* dapat mempercepat penyembuhan luka dan menunda timbulnya katarak pada penderita diabetes (Kumar *et al.*, 2016).

Sifat anti-karsinogenik

Dua komponen penting dalam nutraceutical yang memiliki sifat anti-karsinogenik adalah fitokimia dan antioksidan. Kedua zat ini dapat membantu mengatasi radikal bebas dan spesies oksigen yang berbahaya. *Finger millet* mengandung berbagai senyawa tersebut, sehingga dapat mengurangi oksidasi sel dan memberikan perlindungan dari berbagai jenis kanker yang umum. Asam ferulat, salah satu komponen dalam *finger millet*, terbukti dapat menghambat perkembangan kanker di lidah dan usus kolon tikus, serta sel kanker payudara. Ini menunjukkan bahwa senyawa fenolik dalam *finger millet* bisa berfungsi sebagai agen kemoterapi alami. Selain itu, *finger millet* juga kaya akan nitroside (Vitamin B17), yang berpotensi membunuh sel kanker tanpa efek samping berbahaya (Kumar *et al.*, 2016).

Komponen fenolik, tanin, dan fitat dalam *finger millet* dapat mengurangi risiko kanker di berbagai jaringan. Beberapa studi menunjukkan efek anti-kanker dari senyawa fenolik *finger millet*, terutama terhadap sel kanker hati. Ada juga banyak penelitian yang menunjukkan bahwa serat dari biji-bijian utuh, termasuk *finger millet*, dapat berperan dalam mencegah kanker payudara. Namun, perlu lebih banyak penelitian untuk memastikan sejauh mana serat dari *finger millet* dapat menghambat pertumbuhan berbagai jenis kanker (Kumar *et al.*, 2016).

Sifat anti-hiperlipidemik

Diet yang mengandung *finger millet* juga dapat mengurangi kerusakan lipid, yang membantu mencegah penyakit jantung dan stroke. Sebuah studi terbaru menemukan bahwa diet *multigrain* dengan *finger millet* sebagai bahan utama bisa mengontrol metabolisme lipid dan meningkatkan kemampuan antioksidan pada tikus yang diberi makanan tinggi kolesterol. Ekstrak fenolik dari berbagai jenis *finger millet* terbukti dapat menghambat perubahan oksidatif pada kolesterol LDL dalam kondisi tertentu, meskipun efektivitasnya tergantung pada jenis *finger millet* dan dosis yang digunakan. Serat larut dalam *finger millet* juga membantu mengurangi penyerapan kembali asam empedu, yang dihasilkan dari kolesterol, dan menurunkan kadar kolesterol LDL. Fermentasi *finger millet* dapat menjadi cara ekonomis untuk menghasilkan zat penting seperti statin dan sterol, yang sering digunakan untuk mengatasi masalah kolesterol tinggi. Statin berfungsi menghambat enzim yang terlibat dalam pembentukan kolesterol, sementara sterol membantu menurunkan kolesterol LDL tanpa mempengaruhi kolesterol HDL yang baik. Dengan demikian, proses perkecambahan dan fermentasi dapat membantu menciptakan makanan fungsional berbasis *finger millet* yang lebih bermanfaat (Kumar *et al.*, 2016).

Kesehatan tulang

Osteoporosis adalah penyakit yang sering tidak disadari, ditandai dengan kehilangan massa tulang. Menurut WHO, osteoporosis merupakan masalah kesehatan global kedua setelah penyakit jantung. Suplemen kalsium yang biasa digunakan dapat memiliki efek samping dan mungkin tidak terjangkau bagi semua orang. Oleh karena itu, mendapatkan kalsium dari sumber alami sangat penting untuk mencegah penyakit tulang seperti osteoporosis. *Finger millet* adalah sumber kalsium yang sangat baik, dengan kandungan hingga 350 mg kalsium per 100 g, yang 5–10 kali lebih tinggi daripada biji-bijian lainnya. Sebagai perbandingan, susu sapi, yang sering dianggap sebagai sumber kalsium utama, hanya mengandung sekitar 112 mg kalsium per 100 g. Selain itu, *finger millet* tidak mengandung laktosa, sehingga lebih mudah dicerna bagi orang yang sensitif terhadap laktosa dan bagi bayi yang menyusui (Kumar *et al.*, 2016).

Teknologi pengolahan dan produk olahan

Pengolahan bertujuan untuk meningkatkan kualitas biji-bijian dengan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih mudah dimakan dan mengurangi kandungan antinutrien di dalamnya. Biji-bijian seperti millet dapat diproses menjadi berbagai produk, seperti tepung beras, yang dipanggang, di-*sprouting*, di-*popcorn*, diolah menjadi bubur, biji siap saji, serta makanan yang difermentasi. Proses pengolahan ini tidak hanya meningkatkan konsumsinya tetapi juga meningkatkan kandungan gizi millet.

Perendaman dan pemasakan

Perendaman merupakan teknik yang umum digunakan untuk mengurangi antinutrien dalam makanan. Misalnya, merendam millet selama 1-2 hari pada suhu ruang (25°C) dapat mengurangi kandungan polifenol, fitat, saponin, oksalat, dan inhibitor tripsin, yang pada akhirnya meningkatkan ketersediaan mineral dan kualitas gizi. Selain itu, memasak dengan air mendidih

atau uap dapat menginaktifkan antinutrien yang sensitif terhadap panas, sehingga meningkatkan ketersediaan gizi (Kakade & Hathan, 2015).

Fermentasi

Fermentasi adalah proses metabolik yang mengubah bahan makanan yang kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme. Selama fermentasi, antinutrien dalam millet dapat berkurang secara signifikan, sementara nilai gizi seperti niasin, thiamin, riboflavin, serta ketersediaan mineral juga meningkat. Proses fermentasi ini juga meningkatkan kandungan asam amino, pencernaan protein, serta meningkatkan kandungan vitamin B (Kakade & Hathan, 2015).

Perkecambahan/*Malting*

Perkecambahan millet, yang cukup umum dilakukan di India, dapat meningkatkan profil nutrisi millet. Aktivitas amilase pada millet lebih tinggi dibandingkan dengan sorghum, dan proses ini memicu perubahan biokimia yang meningkatkan nilai gizi secara keseluruhan. Selain itu, perkecambahan dapat mengurangi kandungan antinutrien seperti tannin, fitat, dan inhibitor tripsin, yang mengarah pada peningkatan ketersediaan mineral penting seperti seng, zat besi, dan kalsium (T Rathore, 2019).

Dekortikasi

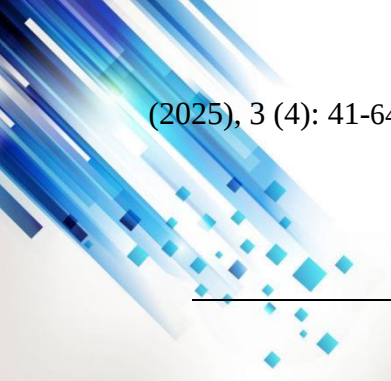
Dekortikasi adalah teknik pengolahan yang melibatkan penghilangan lapisan luar biji, yang dilakukan dengan cara mekanis. Proses ini membantu meningkatkan ketersediaan nutrisi pada biji millet dengan mengurangi kandungan fitat dan polifenol sebanyak 39,8% dan 74,7% secara berturut-turut, yang pada gilirannya meningkatkan bioavailabilitas protein dan mineral. Dekortikasi juga membantu meningkatkan kualitas millet dalam hal penampilan dan tekstur (T Rathore, 2019).

Aplikasi industri

Peningkatan permintaan terhadap konsumsi sereal bebas gluten membuat bahan yang berasal dari biji-bijian, seperti *finger millet* memiliki peluang yang semakin meningkat juga (Kaur *et al.*, 2024).

Tabel 6. Aplikasi *Finger Millet* di Industri

Aplikasi	Deskripsi
Bahan Fungsional	<i>Finger millet</i> dapat digunakan pada inovasi kemasan. <i>Finger millet</i> dapat digunakan sebagai bahan penguat pada polimer termoplastik untuk kemasan makanan. Selain itu, ekstrak <i>finger millet</i> dapat digunakan sebagai



	antioksidan alami dalam pengawetan makanan seperti mayones
Produksi Bioenergi	<i>Finger millet</i> yang diolah dapat menghasilkan <i>bio-oil</i> (42%), <i>bioethanol</i> (35%), dan <i>biochar</i> (27%). Penggunaan metode pirolisis yang hemat biaya untuk menghasilkan bioenergi dari residu pertanian millet. Selain itu juga untuk efisiensi energi karena residu <i>finger millet</i> memiliki nilai kalor sebesar 15,46 MJ/kg, menunjukkan potensinya sebagai bahan bakar terbarukan
Aplikasi Nutraceutical	Arabinoksilan dari residu pertanian millet dapat diolah menjadi prebiotik XOS (<i>xylo-oligosaccharides</i>) yang mendukung pertumbuhan probiotik seperti <i>Lactobacillus plantarum</i>

Produk dengan nilai tambah dari *finger millet*

Finger millet (Ragi) merupakan biji-bijian yang sangat serbaguna dan dapat digunakan dalam berbagai bentuk, menjadikannya pengganti yang baik untuk biji-bijian lain seperti beras dan biji-bijian pati lainnya. Produk-produk yang mengandung nilai tambah dari *finger millet* ini bisa diproses baik dengan metode tradisional maupun teknologi canggih untuk meningkatkan konsumsi dan profil nutrisinya. Berikut adalah beberapa contoh produk yang dibuat dari *finger millet*, yang sudah dipraktikkan atau telah ditunjukkan sebagai kemungkinan untuk meningkatkan konsumsi biji ini.

Produk roti dan kue (*bakery products*)

Upaya telah dilakukan untuk menstandarisasi resep dan menjaga kualitas produk roti seperti roti, nankhatai, biskuit, dan muffin menggunakan *finger millet* sebagai bahan utama. Lapisan biji

finger millet kaya akan mineral, serat makanan, dan fitokimia, yang biasanya merupakan produk sampingan dari proses dekortikasi, penggilingan, dan fermentasi. Produk sampingan ini dapat digunakan sebagai tepung komposit untuk pembuatan biskuit. Penambahan *finger millet* meningkatkan kandungan serat dan mikronutrien dalam produk roti. Penelitian lain menunjukkan bahwa kombinasi tepung *finger millet* dengan tepung terigu untuk membuat muffin dan roti dapat meningkatkan nilai gizi, termasuk kandungan serat dan mineral (T Rathore, 2019).

Chapatti (Roti)

Campuran tepung terigu 70% dan tepung *finger millet* 30% cocok untuk membuat *chapatti* (roti). Campuran ini mengurangi kandungan gluten, tetapi tidak mempengaruhi tekstur *chapatti* secara signifikan. *Chapatti* dari *finger millet* memiliki manfaat kesehatan tambahan, seperti mengontrol kadar glukosa pada penderita diabetes dan membantu pencernaan karena kandungan seratnya yang tinggi. Selain itu, kandungan serat dalam *finger millet* membantu mencegah makan berlebihan dengan memberikan rasa kenyang dengan lebih sedikit kalori (Gull *et al.*, 2014).

Papad

Tepung *finger millet*, dicampur dengan bahan lain seperti gram hitam atau hijau, beras, dan rempah-rempah, dapat digunakan untuk membuat papad. Proses pembuatan papad melibatkan memasak tepung dalam air hingga mengental, lalu membentuk adonan menjadi lembaran tipis yang dikeringkan hingga mencapai kadar kelembaban 7-8%. Meskipun papad ini sedikit lebih gelap karena *pericarp* (lapisan luar biji) tidak dipisahkan dari pati, warna papad akan menjadi lebih terang setelah digoreng atau dipanggang, sehingga tetap diterima oleh konsumen (Gull *et al.*, 2014).

Puffing atau popping

Puffing atau *popping* adalah metode tradisional yang memperbaiki tekstur dan rasa millet. Dalam proses ini, biji *finger millet* dikondisikan dengan menambahkan air, lalu di-*popcorn* di atas pasir panas pada suhu tinggi. Proses ini meningkatkan pencernaan protein dan karbohidrat dengan menonaktifkan antinutrien, serta meningkatkan warna, aroma, dan penampilan millet. Millet yang dipanggang dapat digiling menjadi tepung untuk digunakan lebih lanjut dalam persiapan makanan siap saji (Gull *et al.*, 2014).

Mie dan vermicelli

Permintaan akan mie yang lebih sehat terus meningkat, dan mie yang terbuat dari *finger millet* semakin populer. Mie ini dapat dibuat dengan 100% *finger millet* atau campuran *finger millet*, terigu, dan tepung kedelai. Mie dari *finger millet* mudah dimasak dalam beberapa menit, dan merupakan alternatif yang bergizi dibandingkan mie terigu tradisional (Gull *et al.*, 2014).

Produk ekstrusi

Teknologi ekstrusi adalah teknik modern yang mengubah bahan-bahan menjadi produk bernilai tambah. Tepung *finger millet* memiliki karakteristik ekstrusi yang baik, yang memungkinkan pembuatan camilan seperti "*Kurkure*" yang populer di kalangan anak-anak. Produk yang diekstrusi dari tepung *finger millet*, jika dicampur dengan tepung kacang-kacangan, dapat menghasilkan

camilan bernutrisi yang memiliki tekstur yang renyah dan mengembang (Gull *et al.*, 2014; Gull & Ahmad N, 2016).

Makanan fermentasi

Finger millet sering digunakan dalam pembuatan makanan fermentasi seperti dosa dan idli, terutama di bagian selatan India. Makanan ini tidak hanya meningkatkan rasa tetapi juga memperkaya nilai gizi, termasuk kandungan serat, protein, dan kalsium. Penggunaan biji *finger millet* yang telah diperkecambah atau dimaltasi lebih lanjut mengurangi antinutrien dan meningkatkan kualitas produk fermentasi ini (Mythrayee & Pavithra, 2017; T Rathore, 2019).

Tren Masa Depan

Finger millet (*E. coracana*) merupakan tanaman yang kaya nutrisi dan bebas gluten, yang memiliki potensi besar untuk berperan dalam ketahanan pangan global. Di negara-negara berkembang, terutama di Asia dan Afrika, *finger millet* telah menjadi sumber penting bagi petani miskin sumber daya. Namun, meskipun memiliki potensi besar, penelitian tentang *finger millet* masih tertinggal dibandingkan dengan tanaman utama lainnya. Salah satu alasan utama adalah terbatasnya sumber daya genomik dan kurangnya data *Whole Genome Sequencing* (WGS), yang dapat mempercepat pemahaman tentang sifat-sifat penting tanaman ini, termasuk ketahanannya terhadap stres abiotik dan nutrisi (Gebreyohannes *et al.*, 2024).

Di masa depan, *finger millet* diprediksi akan menjadi tanaman kunci untuk menghadapi tantangan perubahan iklim dan kebutuhan pangan yang terus berkembang. Dengan dirilisnya WGS untuk beberapa genotipe *finger millet*, peluang besar terbuka untuk meningkatkan pemahaman kita tentang gen-gen yang terlibat dalam ketahanan terhadap kekeringan, salinitas, serta pengayaan nutrisi. Pemanfaatan teknologi genomik canggih, seperti analisis keragaman genetik menggunakan SNP, GWAS, serta teknik penyuntingan genom seperti CRISPR/Cas9, dapat mempercepat pemuliaan tanaman yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim dan memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin mengutamakan nilai gizi. Teknologi ini juga akan memungkinkan karakterisasi gen-gen penting yang terlibat dalam pengangkutan nutrisi, seperti kalsium (Ca), fosfor (P), dan nitrogen (N), yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai gizi *finger millet* dan tanaman sereal lain (Antony Ceasar *et al.*, 2018).

Selain itu, pengembangan varietas *finger millet* dengan sifat toleransi stres yang lebih baik melalui pemuliaan molekuler dan teknik genomik dapat membuka peluang pasar baru untuk produk pangan yang lebih bergizi dan ramah lingkungan (Gupta *et al.*, 2017). Di sektor industri pangan, *finger millet* dapat diolah menjadi produk bernilai tambah, seperti tepung bebas gluten, minuman kesehatan, dan produk fungsional yang mendukung gaya hidup sehat. Permintaan yang terus meningkat untuk produk bebas gluten dan nutrisi tinggi menjadikan *finger millet* sebagai kandidat unggulan untuk memenuhi kebutuhan pasar global yang semakin peduli dengan kesehatan dan keberlanjutan.

Kesimpulan

◆ *Finger millet* (*E. coracana*) menjadi salah satu tanaman sereal yang sangat potensial untuk mengatasi tantangan ketahanan pangan global. Morfologi *finger millet* yang memiliki akar dalam dan daun sempit membuatnya tahan terhadap kekeringan dan mampu bertahan di wilayah dengan curah hujan tinggi. Keunggulan komponen bioaktifnya, seperti polifenol, flavonoid, dan mineral (kalsium, besi, magnesium), mendukung kesehatan tubuh, meningkatkan daya tahan tubuh, serta mengurangi risiko anemia dan penyakit jantung. Kandungan seratnya juga membantu pencernaan dan pengaturan kadar gula darah. Dengan kombinasi adaptasi lingkungan dan manfaat kesehatan, *finger millet* merupakan solusi pangan bernutrisi dan ramah lingkungan, yang berpotensi besar dalam mendukung ketahanan pangan berkelanjutan.

Teknologi genomik dan inovasi dalam pemuliaan tanaman juga dapat membuka peluang besar dalam pengembangan varietas yang lebih unggul dan adaptif terhadap perubahan iklim, sekaligus meningkatkan nilai gizi. Di sektor industri pangan, produk olahan *finger millet* seperti tepung bebas gluten dan makanan fungsional dapat memenuhi permintaan konsumen yang semakin peduli akan kesehatan dan keberlanjutan. Namun, tantangan terkait sumber daya, penelitian, dan distribusi masih perlu diatasi untuk memaksimalkan potensi tanaman ini. Sebagai tanaman yang kaya nutrisi dan ramah lingkungan, *finger millet* dapat menjadi solusi jangka panjang dalam menciptakan ketahanan pangan yang lebih berkelanjutan di masa depan.

Referensi

- Abioye, V. F., Babarinde, G. O., Ogunlakin, G. O., Adejuyitan, J. A., Olatunde, S. J., & Abioye, A. O. (2022). Varietal and processing influence on nutritional and phytochemical properties of finger millet: A review. *Heliyon*, 8(12), e12310. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12310>
- Adeboye, A. S., Babarinde, G. O., Oyedepo, J. A., Aniagor, E. N., & Emmambux, N. M. (2021). The Role of Indigenous Food Species in Achieving Food Security in South-Eastern Nigeria. In *Food Security and Safety: African Perspectives*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50672-8_2
- Antony Ceasar, S., Maharajan, T., Ajeesh Krishna, T. P., Ramakrishnan, M., Victor Roch, G., Satish, L., & Ignacimuthu, S. (2018). Finger millet [*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.] improvement: Current status and future interventions of whole genome sequence. *Frontiers in Plant Science*, 9(July). <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01054>
- Blench, R., Williamson, K., Foundation, E., Road, G., & Kingdom, U. (2010). *Finger-Millet : the Contribution of Vernacular. Small Millets in Africa and Asia*, 0.
- Devi, P. B., Vijayabharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N. G., & Priyadarisini, V. B. (2014). Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1021–1040. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0584-9>

- Dharmaraj, U., Meera, M. S., Reddy, S. Y., & Malleshi, N. G. (2015). Influence of hydrothermal processing on functional properties and grain morphology of finger millet. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1361–1371. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1159-8>
- Erasmus, J., Yusha'u, M., & Orole, O. O. (2018). Processing Effects on Physicochemical and Proximate Composition of Finger Millet (*Eleusine coracana*). *Greener Journal of Biological Sciences*, 8(2), 014–020. <https://doi.org/10.15580/gjbs.2018.2.032018048>
- Gaikwad, V., Kaur, J., Rasane, P., Kaur, S., Singh, J., Kumar, A., Kumar, A., Sharma, N., Mehta, C. M., & Patel, A. S. (2024). Nutritional significance of finger millet and its potential for using in functional products. *Foods and Raw Materials*, 12(1), 110–123. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-1-593>
- Gebreyohannes, A., Shimelis, H., Mashilo, J., Odeny, D. A., Tadesse, T., & Ojiewo, C. O. (2024). Finger millet (*Eleusine coracana*) improvement: Challenges and prospects—A review. *Plant Breeding*, 143(3), 350–374. <https://doi.org/10.1111/pbr.13169>
- Gull, A., & Ahmad N, G. (2016). Technological, Processing and Nutritional approach of Finger Millet (*Eleusine coracana*) - A Mini Review. *Journal of Food Processing & Technology*, 7(6). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000593>
- Gull, A., Jan, R., Nayik, A., Prasad, K., & Kumar, P. (2014). Significance of Finger Millet in Nutrition, Health and Value added Products: A Review. *Journal of Environmental Science*, 3(3), 1601–1608. www.jecet.org
- Gupta, S. M., Arora, S., Mirza, N., Pande, A., Lata, C., Puranik, S., Kumar, J., & Kumar, A. (2017). Finger millet: A “certain” crop for an “uncertain” future and a solution to food insecurity and hidden hunger under stressful environments. *Frontiers in Plant Science*, 8(April), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00643>
- Jayawardana, N., Wimalasiri, K. M. S., Samarasinghe, G., & Madhujith, T. (2018). Bound and total phenolic contents and antioxidant potential of selected Sri Lankan millet varieties. *Tropical Agricultural Research*, 29(3), 316. <https://doi.org/10.4038/tar.v29i3.8270>
- Kaur, S., Kumari, A., Seem, K., Kaur, G., Kumar, D., Verma, S., Singh, N., Kumar, A., Kumar, M., Jaiswal, S., Bhardwaj, R., Singh, B. K., & Riar, A. (2024). Finger millet (*Eleusine coracana* L.): from staple to superfood—a comprehensive review on nutritional, bioactive, industrial, and climate resilience potential. *Planta*, 260(3), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s00425-024-04502-2>
- Kumar, A., Metwal, M., Kaur, S., Gupta, A. K., Puranik, S., Singh, S., Singh, M., Gupta, S., Babu, B. K., Sood, S., & Yadav, R. (2016). Nutraceutical value of finger millet [*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.], and their improvement using omics approaches. *Frontiers in Plant Science*, 7(June), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00934>
- Kumssa, D. B., Joy, E. J. M., Ander, E. L., Watts, M. J., Young, S. D., Walker, S., & Broadley, M. R. (2015). Dietary calcium and zinc deficiency risks are decreasing but remain prevalent. *Scientific Reports*, 5, 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep10974>

- Maharajan, T., Antony Ceasar, S., Ajeesh Krishna, T. P., & Ignacimuthu, S. (2021). Finger Millet [Eleusine coracana (L.) Gaertn]: An Orphan Crop With a Potential to Alleviate the Calcium Deficiency in the Semi-arid Tropics of Asia and Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(July), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.684447>
- Martens, M. P. (2013). Grain crops in Indonesia. 9, 1–17. <http://sulang.org/LANGUAGES>
- Mousa, W. K., Shearer, C., Limay-Rios, V., Ettinger, C. L., Eisen, J. A., & Raizada, M. N. (2016). Root-hair endophyte stacking in finger millet creates a physicochemical barrier to trap the fungal pathogen *Fusarium graminearum*. *Nature Microbiology*, 1(12), 1–12. <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.167>
- Mythrayee, R., & Pavithra, A. (2017). Comparative Study on Nutritive Content of Finger Millet-Wheat Composite Bread Fermented With Lactic Acid Bacilli and Yeast. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 03(03), 15–21. <https://doi.org/10.9790/264x-03031521>
- Owheru, J. O., Ifesan, B. O. T., & Kolawole, A. O. (2019). Physicochemical properties of malted finger millet (*Eleusine coracana*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*). *Food Science and Nutrition*, 7(2), 476–482. <https://doi.org/10.1002/fsn3.816>
- Ramashia, S. E., Gwata, E. T., Meddows-Taylor, S., Anyasi, T. A., & Jideani, A. I. O. (2018). Some physical and functional properties of finger millet (*Eleusine coracana*) obtained in sub-Saharan Africa. *Food Research International*, 104(May 2017), 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.065>
- Singh, M., & Kumar, S. (2016). Broadening the genetic base of grain cereals. In *Broadening the Genetic Base of Grain Cereals* (Issue September 2016). <https://doi.org/10.1007/978-81-322-3613-9>
- Sood, S., Joshi, D. C., Chandra, A. K., & Kumar, A. (2019). Phenomics and genomics of finger millet: current status and future prospects. *Planta*, 250(3), 731–751. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03159-6>
- Subhash b Kakade, & BS Hathan. (2015). Finger Millet Processing: Review. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(4), 1003–1008.
- Swamy, K. R. M. (2023). Origin, Domestication, Taxonomy, Botanical Description, Genetics And Cytogenetics, Genetic Diversity, Breeding Of Ragi (*Eleusine coracana* L.). *International Journal of Current Research*, 15(08), 25589–25610. <https://doi.org/10.24941/ij>
- T Rathore, R. S. D. K. (2019). Upadhyay A (2019) Review on finger millet: processing and value addition. *Pharma Innov J*, 8(April), 283–291. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartE/8-4-16-516.pdf>
- Thorning, T. K., Raben, A., Tholstrup, T., Soedamah-Muthu, S. S., Givens, I., & Astrup, A. (2016). Milk and dairy products: Good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 74(11), e258.
- Udeh, H. O., Duodu, K. G., & Jideani, A. I. O. (2017). Finger millet bioactive compounds, bioaccessibility, and potential health effects - A review. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(1), 7–17. <https://doi.org/10.17221/206/2016-CJFS>

USDA. (n.d.). Classification for Kingdom Plantae Down to Species *Eleusine coracana* (L.) Gaertn.
♦ <https://plants.usda.gov/home/classification/22277>

Xiang, J., Apea-bah, F. B., Ndolo, V. U., & Katundu, M. C. (2018). Henan University of Science & Technology , College of Food & Bioengineering , University of Malawi , Department of Human Ecology , Zomba , Malawi. Food Chemistry.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.120>

