



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Potensi Sorgum dalam Sistem Pangan Berkelanjutan NTB: Tinjauan Sejarah, Gizi, Fitokimia, Bioaktivitas, dan Strategi Pengembangan

The Potential of Sorghum in the Sustainable Food System of West Nusa Tenggara (NTB): A Review of History, Nutrition, Phytochemistry, Bioactivity, and Development Strategies

Fuad Sauqi Isnain¹, Yuhendra AP^{2*}, Mi'raj Fuadi², Elya Antariksana Bachmida¹, M. Azhar Mustafid², Nur Afni¹, Wiwin Apriyanditra²

¹Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

²Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

*Corresponding Author: yuhendra.ap@staff.unram.ac.id

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 05 Apr, 2026

Revised: 30 May, 2026

Accepted: 25 Jun, 2026

Kata Kunci:

Sorghum
Pangan Fungsional
Ketahanan Pangan

Keywords:

Sorghum
Functional food
Food security

DOI:

[10.56338/jks.v9i6.11307](https://doi.org/10.56338/jks.v9i6.11307)

ABSTRAK

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan sereal yang berpotensi dikembangkan sebagai pangan lokal, pangan fungsional, dan komoditas adaptif lahan kering. Nusa Tenggara Barat (NTB) memiliki tantangan ketahanan pangan yang berkaitan dengan diversifikasi konsumsi, ketergantungan pada beras dan gandum, perubahan iklim, serta keterbatasan sumber daya lahan kering. Artikel ini bertujuan memetakan potensi sorgum dalam konteks NTB melalui pendekatan *scoping review*. Literatur dikaji dari artikel ilmiah, artikel review, laporan resmi, dan dokumen kebijakan yang relevan, terutama dalam rentang 2014–2026, dengan literatur klasik digunakan untuk konsep dasar ketahanan pangan, sejarah sorgum, dan metodologi. Sintesis dilakukan secara naratif-tematik mencakup sejarah sorgum, ketahanan pangan, komposisi gizi, metabolit primer, senyawa bioaktif, aktivitas biologis *in vitro* dan *in vivo*, pengaruh pengolahan, tren riset, serta strategi pengembangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa sorgum memiliki potensi sebagai sumber karbohidrat, protein, serat pangan, mineral, senyawa fenolik, flavonoid, tanin, antosianin, 3-deoxyanthocyanidins, dan fitosterol. Sorgum juga berpeluang dikembangkan menjadi tepung lokal, produk bebas gluten, pangan sekolah, produk UMKM, pakan, dan bioindustri sederhana. Namun, bukti spesifik NTB masih terbatas. Diperlukan riset lokal terkait varietas, produktivitas, komposisi gizi, fitokimia, bioaktivitas, pengolahan, penerimaan konsumen, rantai nilai, dan kebijakan daerah.

ABSTRACT

Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) is a cereal crop with potential as a local food resource, functional food ingredient, and dryland-adaptive commodity. West Nusa Tenggara, Indonesia, faces food security challenges related to dietary diversification, dependence on rice and wheat, climate change, and dryland resource limitations. This article

aims to map the potential of sorghum in the West Nusa Tenggara context using a scoping review approach. Literature was drawn from scientific articles, review papers, official reports, and relevant policy documents, mainly published between 2014 and 2026, while older sources were used for foundational concepts on food security, sorghum history, and review methodology. A narrative-thematic synthesis was conducted covering sorghum history, food security, nutritional composition, primary metabolites, bioactive compounds, in vitro and in vivo biological activities, processing effects, research trends, and development strategies. The review indicates that sorghum is a potential source of carbohydrates, protein, dietary fiber, minerals, phenolic compounds, flavonoids, tannins, anthocyanins, 3-deoxyanthocyanidins, and phytosterols. Sorghum also has development opportunities as local flour, gluten-free food, school food, small-scale enterprise products, animal feed, and simple bioindustry materials. However, evidence specific to West Nusa Tenggara remains limited. Further local studies are needed on varieties, productivity, nutritional composition, phytochemical profiles, biological activities, processing technologies, consumer acceptance, value chains, and regional policy support.

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan isu strategis yang tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan pangan, tetapi juga akses, pemanfaatan, stabilitas, dan keberlanjutan sistem pangan. FAO mendefinisikan ketahanan pangan sebagai kondisi ketika semua orang, setiap saat, memiliki akses fisik, sosial, dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi sesuai kebutuhan serta preferensi pangan untuk hidup aktif dan sehat (FAO, 1996, 2003). Dalam konteks perubahan iklim, tekanan sumber daya alam, ketergantungan pada komoditas pangan tertentu, dan kerentanan wilayah pertanian terhadap kekeringan, penguatan sistem pangan lokal yang adaptif, beragam, dan berkelanjutan menjadi penting.

Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam diversifikasi pangan. Ketergantungan pada beras dan meningkatnya penggunaan gandum dalam berbagai produk pangan menunjukkan perlunya sumber karbohidrat lokal alternatif. Diversifikasi pangan lokal dapat mengurangi tekanan terhadap satu pangan pokok, memperluas pilihan konsumsi, dan meningkatkan nilai tambah komoditas daerah. Hassan (2014) menegaskan bahwa pengembangan tepung berbasis bahan baku lokal dapat memperkuat diversifikasi pangan sekaligus membuka peluang pangan fungsional berbasis sumber daya lokal.

Salah satu komoditas yang relevan adalah sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Sorgum merupakan sereal yang dapat dimanfaatkan sebagai pangan, pakan, dan bahan baku industri. Dalam sistem pangan global, sorgum dikenal penting di wilayah tropis dan semi-kering karena mampu beradaptasi pada kondisi relatif kering, membutuhkan input lebih rendah, dan berpotensi menjadi sumber pangan di wilayah rentan. Suarni (2012) menjelaskan bahwa sorgum memiliki keunggulan sebagai pangan pendamping beras karena mengandung karbohidrat, protein, lemak, serat, mineral, dan komponen fungsional. Secara gizi, sorgum dilaporkan mengandung karbohidrat 70,7%, protein 10,4%, lemak 3,1%, serat kasar 2,0%, dan energi 329 kkal per 100 g, meskipun nilainya dapat berbeda menurut varietas dan lokasi pertanian (Suarni, 2012).

Selain sebagai sumber metabolit primer, sorgum menarik dikaji sebagai pangan fungsional karena mengandung senyawa bioaktif. Frankowski, Przybylska-Balcerek, dan Stuper-Szablewska (2022) menunjukkan bahwa produk berbasis biji sorgum mengandung senyawa fenolik, flavonoid, fitosterol, serta aktivitas antioksidan yang berkaitan dengan kandungan fenolik total. Studi tersebut juga menegaskan bahwa sorgum tidak mengandung gluten, sehingga berpeluang sebagai bahan pangan bebas gluten. Namun, kandungan fitokimia sorgum bervariasi berdasarkan genotipe, warna biji, kondisi lingkungan, dan proses pengolahan. Htet, Feng, Wang, Tian, dan Yadav (2022) menunjukkan bahwa genotipe sorgum yang berbeda memiliki karakteristik nutrisi dan sifat fungsional berbeda, sehingga pengembangannya memerlukan pemetaan varietas, komposisi gizi, profil fitokimia, dan kesesuaian pengolahan.

Dalam konteks wilayah kering Indonesia bagian timur, sorgum memiliki relevansi kuat. Mukkun, Lalel, dan Kleden (2021) melaporkan bahwa beberapa aksesori sorgum di lahan kering Nusa Tenggara Timur memiliki kandungan gizi yang mendukung pengembangannya sebagai pangan pengganti beras, sedangkan sorgum lokal berwarna gelap memiliki kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan tinggi. Namun, temuan tersebut tidak dapat langsung digeneralisasi ke NTB tanpa validasi lokal.

Nusa Tenggara Barat perlu mengkaji sorgum karena membutuhkan penguatan pangan lokal, diversifikasi konsumsi, dan komoditas sesuai dengan tantangan lahan kering dan perubahan iklim. Dalam kerangka ketahanan pangan daerah, sorgum berpotensi mendukung ketersediaan pangan melalui produksi lokal, akses pangan melalui hilirisasi petani dan UMKM, pemanfaatan pangan melalui nilai gizi dan produk olahan, serta stabilitas pangan melalui adaptasinya terhadap kondisi kering. Karena bukti spesifik NTB masih terbatas, *scoping review* diperlukan untuk memetakan bukti global, nasional, regional, dan lokal, sekaligus merumuskan *gap* riset dan strategi pengembangan sorgum sebagai pangan fungsional dan komoditas adaptif lahan kering di NTB.

METODE

Artikel ini menggunakan desain *scoping review* untuk memetakan cakupan, karakteristik, perkembangan, dan celah literatur terkait potensi sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) sebagai pangan fungsional dan komoditas adaptif lahan kering dalam mendukung ketahanan pangan di Nusa Tenggara Barat (NTB), Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena topik bersifat luas, multidisipliner, dan belum terkonsolidasi dalam konteks NTB. *Scoping review* sesuai digunakan untuk mengidentifikasi keluasan bukti, konsep utama, jenis sumber, serta *research gap* pada bidang yang masih berkembang (Arksey & O'Malley, 2005; Levac, Colquhoun, & O'Brien, 2010). Pelaporan kajian diselaraskan dengan PRISMA-ScR (Tricco et al., 2018), serta mempertimbangkan arahan metodologis berbasis bukti dan JBI (Khalil et al., 2016; Peters et al., 2020).

Kerangka metodologis mengikuti tahapan Arksey dan O'Malley (2005), yaitu mengidentifikasi pertanyaan *review*, mengidentifikasi studi relevan, memilih studi, memetakan data, serta menyusun dan melaporkan hasil. Pertanyaan utama *review* ini adalah: bagaimana potensi sorgum sebagai pangan fungsional dan komoditas adaptif lahan kering untuk mendukung ketahanan pangan NTB berdasarkan literatur ilmiah dan sumber resmi yang

tersedia? Pertanyaan tersebut dijabarkan ke dalam tema sejarah sorgum, ketahanan pangan, komposisi gizi, metabolit primer, senyawa bioaktif, aktivitas biologis *in vitro* dan *in vivo*, pengolahan pangan, peluang pengembangan, serta *gap* riset sorgum lokal NTB.

Kriteria kelayakan disusun menggunakan pendekatan *Population/Participants, Concept, Context* (PCC). *Population* mencakup sorgum, produk berbasis sorgum, varietas atau aksesori sorgum, dan sistem pangan terkait. *Concept* mencakup pangan fungsional, komposisi gizi, senyawa bioaktif, bioaktivitas, pengolahan, ketahanan pangan, dan adaptasi lahan kering. *Context* mencakup NTB, Indonesia, wilayah lahan kering, sistem pangan lokal, serta literatur global, nasional, dan regional sebagai pembanding.

Literatur yang dimasukkan adalah artikel penelitian, *review*, *book chapter*, prosiding ilmiah, laporan resmi, dan dokumen kebijakan yang membahas sorgum dari aspek pangan, gizi, fitokimia, bioaktivitas, pengolahan, lahan kering, ketahanan pangan, pakan, atau bioindustri. Literatur utama dibatasi pada tahun 2014–2026, sedangkan literatur sebelum 2014 digunakan untuk teori dasar, sejarah, dan konsep metodologis. Literatur dikeluarkan apabila tidak relevan, bersifat populer tanpa metode jelas, duplikat, tidak memiliki informasi bibliografi minimal, atau membuat klaim kesehatan berlebihan.

Pencarian dilakukan pada Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis, Wiley, MDPI, Frontiers, Google Scholar, dan SciSpace. Sumber resmi seperti FAO, BPS, BRIN, Kementerian Pertanian, Badan Pangan Nasional, Pemerintah Provinsi NTB, dinas terkait, *repository* perguruan tinggi, dan dokumen kebijakan digunakan untuk memperkuat konteks lokal. Kata kunci dikombinasikan dalam bahasa Inggris dan Indonesia menggunakan *Boolean operator*, misalnya (“sorghum” OR “Sorghum bicolor”) AND (“functional food” OR “bioactive compounds”), serta (“sorgum” OR “Sorghum bicolor”) AND (“Nusa Tenggara Barat” OR NTB OR Lombok OR Sumbawa OR Bima).

Seleksi dilakukan melalui pengumpulan hasil pencarian, penghapusan duplikasi, penyaringan judul dan abstrak, pembacaan *full text*, serta klasifikasi tematik. Data diekstraksi melalui *charting form* yang mencakup identitas artikel, lokasi, sampel, parameter gizi, senyawa bioaktif, aktivitas biologis, proses pengolahan, temuan utama, keterbatasan, relevansi terhadap NTB, dan implikasi. Sintesis dilakukan secara naratif-tematik tanpa meta-analisis karena heterogenitas desain, sampel, metode, dan parameter. *Critical appraisal* formal tidak dijadikan syarat inklusi, tetapi keterbatasan setiap sumber tetap dicatat agar sintesis kritis. Hasil *review* dipahami sebagai pemetaan awal, bukan klaim final manfaat kesehatan atau dampak ketahanan pangan sorgum di NTB.

HASIL

Konteks Historis Sorgum Di Indonesia Dan Nusa Tenggara Barat (NTB)

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan serealia yang dikenal sebagai sumber pangan, pakan, dan bahan baku industri di wilayah tropis dan subtropis. Dalam konteks Indonesia, sorgum tidak memiliki posisi konsumsi sekuat padi, jagung, atau gandum, tetapi diperkenalkan sebagai tanaman alternatif yang mampu beradaptasi pada lingkungan kering dan marginal. Secara historis, sorgum lebih sering diposisikan sebagai pangan pendamping, komoditas lokal alternatif, dan tanaman potensial pada wilayah yang kurang sesuai bagi tanaman pangan utama yang membutuhkan air lebih tinggi (Suarni, 2012; Biba, 2015).

Secara agronomis, sorgum merupakan tanaman multiguna. Biji sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, biomassa sebagai pakan ternak, dan batang sorgum manis

dapat menghasilkan nira yang berpotensi diolah menjadi minuman, gula cair, atau bioetanol. Karena itu, sorgum tidak hanya relevan sebagai pangan, pakan, energi, dan bahan baku bioindustri (Biba, 2015). Namun, dalam perkembangan sistem pangan Indonesia, sorgum belum menjadi komoditas utama. Dominasi beras sebagai pangan pokok dan meningkatnya konsumsi produk berbasis gandum membuat sorgum relatif terpinggirkan. Suarni (2012) menegaskan bahwa meskipun sorgum memiliki nilai gizi dan komponen fungsional baik, pemanfaatannya masih terbatas karena kendala teknologi pengolahan, preferensi konsumen, dan rendahnya popularitas produk berbasis sorgum.

Perkembangan sorgum di Indonesia berkaitan erat dengan isu lahan kering dan diversifikasi pangan. Kawasan Nusa Tenggara memiliki banyak wilayah beriklim kering, curah hujan terbatas, dan musim kering panjang. Mulyani dan Suwanda (2020) menjelaskan bahwa lahan kering di Nusa Tenggara memiliki curah hujan kurang dari 2.000 mm per tahun dan bulan kering yang dapat berlangsung 5 sampai 10 bulan. Kondisi tersebut menuntut pilihan tanaman yang toleran terhadap keterbatasan air, efisien dalam pengelolaan lahan, dan sesuai untuk sistem pertanian lahan kering. Dalam konteks ini, sorgum layak dipertimbangkan sebagai komoditas diversifikasi karena relatif toleran terhadap kekeringan, membutuhkan input lebih rendah, dan memiliki pemanfaatan luas untuk pangan, pakan, dan energi (Biba, 2015).

Sorgum kembali mendapat perhatian dalam agenda diversifikasi pangan karena dapat diolah menjadi nasi sorgum, tepung, bubur, roti, mie, kue, snack, dan minuman. Selain mengandung karbohidrat, protein, serat, mineral, dan energi, sorgum juga tidak mengandung gluten serta memiliki senyawa bioaktif seperti fenolik, flavonoid, tanin, dan antosianin yang mendukung potensinya sebagai pangan fungsional (Suarni, 2012; Mukkun, Lalel, & Kleden, 2021). Namun, pengembangan sorgum sebagai pangan masih menghadapi hambatan berupa keterbatasan teknologi pengolahan, kontinuitas bahan baku, mutu sensori, rantai pasok, pasar, dan penerimaan konsumen. Studi Sahara et al. (2023) di Wonogiri menunjukkan bahwa sorgum dapat berkontribusi terhadap pendapatan rumah tangga petani lahan kering, sehingga pengembangannya perlu dilihat tidak hanya dari sisi pangan, tetapi juga ekonomi petani dan rantai nilai.

Dalam konteks Nusa Tenggara, studi Mukkun et al. (2021) pada beberapa aksesori sorgum di lahan kering Nusa Tenggara Timur menunjukkan bahwa sorgum memiliki komposisi gizi yang mendukung pengembangannya sebagai pangan pengganti atau pendamping beras, sedangkan sorgum lokal hitam memiliki kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan tinggi. Temuan tersebut penting sebagai pembanding regional karena sebagian wilayah NTT dan NTB memiliki tantangan agroekologi yang relatif serupa. Namun, hasil dari NTT tidak dapat langsung digeneralisasi ke NTB karena perbedaan varietas, tanah, curah hujan, praktik budidaya, budaya konsumsi, dan sistem pasar.

Bukti awal pemanfaatan sorgum di NTB dapat dilihat di Desa Tanak Beak, Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah. Permana, Karlina, Hartini, dan Japa (2021) melaporkan bahwa sorgum di wilayah tersebut dimanfaatkan menjadi olahan pangan, minuman dari perasan batang, kerajinan tangan, dan pupuk organik dari limbah tanaman. Temuan ini menunjukkan bahwa sorgum berpotensi menjadi tanaman multifungsi di NTB. Meski demikian, studi tersebut lebih bersifat pengabdian dan pemanfaatan komoditas, bukan kajian historis mendalam tentang asal-usul, pola adopsi, kontinuitas budidaya, atau posisi sorgum dalam budaya pangan lokal.

Hingga saat ini, bukti ilmiah tentang posisi sorgum sebagai pangan tradisional utama di NTB masih terbatas. Karena itu, sorgum lebih tepat diposisikan sebagai komoditas potensial untuk penguatan pangan lokal NTB, bukan sebagai pangan tradisional utama sebelum ada bukti historis atau etnobotani yang kuat. Keterbatasan ini justru menjadi celah riset penting. Sorgum layak dikaji ulang karena dapat mendukung ketersediaan pangan melalui produksi lokal, akses pangan melalui petani dan UMKM, pemanfaatan pangan melalui produk bergizi dan fungsional, serta stabilitas pangan melalui adaptasi terhadap lingkungan kering. Dengan demikian, konteks historis sorgum dalam artikel ini bukan klaim bahwa sorgum telah menjadi pangan utama NTB, melainkan dasar untuk menilai kembali relevansinya dalam agenda perubahan iklim, pertanian lahan kering, diversifikasi pangan, dan pangan fungsional daerah.

Sorgum Dan Keamanan Pangan

Ketahanan pangan tidak hanya berkaitan dengan kecukupan produksi, tetapi juga akses, pemanfaatan, stabilitas, dan keberlanjutan sistem pangan. FAO mendefinisikan ketahanan pangan sebagai kondisi ketika semua orang, setiap saat, memiliki akses fisik dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi sesuai kebutuhan serta preferensi pangan untuk hidup aktif dan sehat (FAO, 1996). Konsep ini kemudian diperluas menjadi empat dimensi utama, yaitu ketersediaan pangan, akses pangan, pemanfaatan pangan, dan stabilitas pangan (FAO, 2008). FAO juga menegaskan bahwa ketahanan pangan telah berkembang dari fokus pada pasokan pangan menuju pendekatan yang mencakup akses sosial-ekonomi, kualitas pangan, keamanan pangan, dan kerentanan terhadap gangguan (FAO, 2003). Dalam kerangka tersebut, sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) relevan dikaji sebagai bagian dari sistem pangan adaptif, bukan sekadar komoditas pertanian.

Dari dimensi ketersediaan pangan, sorgum berpotensi memperluas basis produksi pangan lokal karena dapat dibudidayakan pada lahan kering dan relatif toleran terhadap keterbatasan air. Wilayah Nusa Tenggara memiliki tantangan agroekologi berupa curah hujan rendah, musim kering panjang, dan kondisi lahan yang membutuhkan pendekatan budidaya adaptif (Mulyani & Suwanda, 2020). Dalam konteks nasional, Irawan dan Sutrisna (2011) menegaskan bahwa sorgum dapat dikembangkan sebagai pangan lokal pada lahan kering dan digunakan sebagai substitusi sebagian tepung gandum dalam produk olahan. Namun, potensi budidaya tidak otomatis menjadi ketersediaan pangan aktual. Sorgum membutuhkan benih sesuai, produktivitas stabil, infrastruktur pascapanen, penggilingan, rantai pasok, dan kontinuitas bahan baku.

Dari dimensi akses pangan, sorgum dapat mendukung ekonomi rumah tangga jika dikembangkan melalui rantai nilai lokal. Biji sorgum dapat diolah menjadi tepung dan produk pangan, sedangkan biomassa dan limbahnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau bahan organik. Biba (2015) menempatkan sorgum sebagai komoditas pangan, pakan, dan energi yang potensial untuk mendukung ketahanan pangan dan ekonomi. Studi Sahara et al. (2023) di Wonogiri menunjukkan bahwa sorgum dapat berkontribusi terhadap pendapatan rumah tangga petani lahan kering. Meskipun bukan studi NTB, temuan tersebut menunjukkan bahwa sorgum berpotensi memperkuat akses pangan apabila dihubungkan dengan petani, koperasi, BUMDes, UMKM, pasar lokal, dan industri pangan.

Dari dimensi pemanfaatan pangan, sorgum memiliki nilai karena mengandung karbohidrat, protein, serat pangan, mineral, dan senyawa bioaktif. Sorgum juga tidak mengandung gluten, sehingga berpeluang dikembangkan sebagai bahan pangan bebas gluten.

Beberapa varietas sorgum mengandung fenolik, flavonoid, tanin, antosianin, dan komponen bioaktif lain yang mendukung potensinya sebagai pangan fungsional (Suarni, 2012; Mukkun, Lalel, & Kleden, 2021). Namun, potensi gizi tersebut harus dibaca secara seimbang. Protein sorgum dapat memiliki daya cerna lebih rendah karena struktur kafirin, sedangkan tanin dan fitat dapat memengaruhi bioavailabilitas mineral. Karena itu, pengolahan seperti perendaman, fermentasi, perkecambahan, ekstrusi, dan formulasi dengan bahan pangan lain diperlukan untuk meningkatkan kualitas produk dan penerimaan konsumen.

Dari dimensi stabilitas pangan, sorgum relevan karena toleran terhadap kekeringan dan sesuai dengan agenda pertanian adaptif iklim. Human et al. (2023) menegaskan bahwa Indonesia membutuhkan tanaman yang adaptif, bernilai gizi, bernilai ekonomi, dan sesuai untuk agroekosistem lahan kering. Khusus Lombok, Wibowo dan Meylani (2024) memodelkan potensi distribusi sorgum di bawah skenario perubahan iklim dan melaporkan bahwa area sesuai untuk sorgum mencapai sekitar 1.875 km² atau 39,56% wilayah Pulau Lombok. Namun, hasil pemodelan tidak sama dengan bukti keberhasilan budidaya. Stabilitas pangan tetap membutuhkan kelembagaan benih, pascapanen, penyimpanan, pasar, harga layak, dan kebijakan daerah.

Dengan demikian, sorgum berpotensi mendukung ketahanan pangan NTB melalui produksi lokal, diversifikasi pangan, penguatan UMKM, pemanfaatan lahan kering, pakan, dan bioindustri. Namun, kontribusi tersebut belum dapat diklaim sebagai dampak nyata tanpa validasi lokal. Diperlukan riset tentang kesesuaian lahan, produktivitas varietas, komposisi gizi sorgum NTB, produk olahan, penerimaan konsumen, rantai nilai, dan integrasi kebijakan pangan daerah.

Komposisi Nutrisi Dan Metabolit Primer Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan sereal yang bernilai sebagai sumber metabolit primer, terutama karbohidrat, pati, protein, lipid, serat pangan, mineral, dan vitamin. Komponen tersebut terutama terdapat pada biji, termasuk endosperma, germ, aleuron, dan lapisan luar biji, sehingga menjadi dasar penilaian sorgum sebagai pangan pokok alternatif, bahan baku tepung, pangan bebas gluten, pangan tinggi serat, dan bahan pangan fungsional. Tanwar, Panghal, Chaudhary, Kumari, dan Chhikara (2023) menyatakan bahwa sorgum memiliki profil nutrisi yang dinamis karena mengandung serat pangan, protein, mineral esensial, vitamin B kompleks, vitamin E, dan fitokimia. Di Indonesia, Winarti et al. (2023) menunjukkan bahwa sorgum memiliki kandungan protein dan energi lebih tinggi dibandingkan beberapa sampel beras dan jagung, sehingga berpotensi mendukung diversifikasi pangan lokal.

Komposisi proksimat sorgum menunjukkan bahwa komoditas ini terutama berperan sebagai sumber energi. Suarni (2012) melaporkan bahwa sorgum mengandung karbohidrat sekitar 70,7%, protein 10,4%, lemak 3,1%, serat kasar 2,0%, dan energi sekitar 329 kkal per 100 g. Tanwar et al. (2023) menyebutkan bahwa protein sorgum umumnya berada pada kisaran 9 sampai 13%, dengan lipid sekitar 3%. Winarti et al. (2023) melaporkan protein sorgum sebesar 13,26% dan energi 380,5 kkal per 100 g. Mukkun, Lalel, dan Kleden (2021) juga menunjukkan bahwa beberapa aksesori sorgum di lahan kering Nusa Tenggara Timur memiliki komposisi yang mendukung pengembangannya sebagai pangan alternatif. Namun, nilai tersebut tidak dapat langsung digeneralisasi ke NTB karena komposisi gizi dipengaruhi varietas, genotipe, warna biji, lokasi tumbuh, iklim, budidaya, pascapanen, dan pengolahan.

Karbohidrat merupakan komponen terbesar sorgum dan sebagian besar berbentuk pati. Pati sorgum tersusun atas amilosa dan amilopektin, dengan proporsi yang memengaruhi tekstur, viskositas, daya cerna, gelatinisasi, dan respons glikemik produk. Palavecino, Curti, Bustos, Penci, dan Ribotta (2020) menjelaskan bahwa sorgum dapat digunakan pada pasta dan mie, termasuk produk bebas gluten dengan potensi pati resisten dan senyawa fenolik. Pati resisten dan pati lambat cerna dapat mendukung respons glikemik lebih rendah, tetapi efeknya bergantung pada varietas, ukuran partikel, proses pemanasan, fermentasi, dan formulasi.

Protein sorgum penting sebagai penambah nilai gizi, tetapi kualitasnya perlu ditafsirkan hati-hati. Protein utama sorgum adalah kafirin, yaitu prolamin yang relatif sulit dicerna, terutama setelah pemanasan. Selain itu, lisin sering menjadi asam amino pembatas pada sereal. Karena itu, produk sorgum sebaiknya dikombinasikan dengan sumber protein lokal seperti kacang-kacangan. Kumar et al. (2023) menunjukkan adanya variasi protein, ketersediaan zat besi dan seng, fenolik total, tanin, dan aktivitas antioksidan antar genotipe sorgum, sehingga keragaman genetik dapat dimanfaatkan untuk biofortifikasi.

Sorgum juga mengandung lipid, serat pangan, mineral, dan vitamin. Pontieri et al. (2024) menunjukkan variasi asam lemak dan mineral antarvarietas, termasuk asam oleat, linoleat, palmitat, kalium, magnesium, mangan, zat besi, tembaga, dan seng. Winarti et al. (2023) melaporkan kadar zat besi 2,39 mg/100 g dan seng 1,57 mg/100 g pada sorgum. Namun, bioavailabilitas mineral dapat dipengaruhi fitat dan tanin. Serat pangan dan pati resisten memberi peluang pengembangan pangan tinggi serat, tetapi klaim fungsional tetap perlu diuji pada produk akhir.

Keunggulan lain sorgum adalah sifat bebas gluten. Pontieri et al. (2024) melaporkan tidak adanya gliadin-like peptides pada sembilan varietas sorgum inbred, sehingga mendukung potensinya untuk produk gluten-free. Namun, ketiadaan gluten menyebabkan tantangan teknologi karena adonan sorgum tidak memiliki elastisitas seperti gandum. Gallo et al. (2021) menunjukkan bahwa roti bebas gluten berbasis genotipe sorgum berbeda menghasilkan respons glikemik berbeda, dengan roti sorgum cokelat memiliki indeks glikemik rendah. Htet, Feng, Wang, Tian, dan Yadav (2022) juga menegaskan bahwa genotipe berbeda menghasilkan karakteristik nutrisi dan fungsional berbeda.

Dengan demikian, sorgum memiliki dasar kuat sebagai sumber metabolit primer, pangan alternatif, bahan bebas gluten, dan bahan pangan fungsional. Sebagaimana diringkas pada Tabel 1, setiap komponen gizi sorgum memiliki peran, peluang produk, dan catatan ilmiah yang perlu diperhatikan. Untuk NTB, validasi lokal tetap diperlukan melalui analisis proksimat, pati, amilosa, protein, asam amino, lemak, asam lemak, serat pangan, pati resisten, mineral, vitamin, indeks glikemik produk, serta antinutrisi seperti tanin dan fitat. Kajian tersebut perlu dikaitkan dengan varietas, lokasi, teknologi, dan produk akhir NTB spesifik.

Tabel 1. Sintesis komposisi gizi dan metabolit primer sorgum serta implikasinya bagi pengembangan produk pangan

Komponen	Peran Gizi atau Fungsional	Implikasi Pengembangan Produk	Catatan Ilmiah
Karbohidrat	Sumber energi utama	Nasi sorgum, bubur, tepung, snack	Dominan dalam bentuk pati
Pati	Menentukan tekstur,	Mie, pasta, bakery,	Dipengaruhi amilosa,

	viskositas, daya cerna, dan respons glikemik	minuman, instan	pangan	amilopektin, gelatinisasi, dan proses pengolahan
Protein	Menambah nilai gizi sereal	Produk dengan kacang-kacangan atau nabati lain	komposit kacang-protein	Kualitas protein dibatasi lisin dan daya cerna kafirin
Lipid	Berperan pada energi, aroma, stabilitas, dan mutu tepung	Tepung utuh, bakery	snack,	Rentan oksidasi jika penyimpanan dan kadar air tidak dikendalikan
Serat pangan	Mendukung rasa kenyang dan potensi kesehatan pencernaan	Pangan tinggi serat, snack sehat, fungsional	pangan	Kandungan dipengaruhi penggilingan, dekortikasi, dan formulasi
Pati resisten	Berpotensi mendukung respons glikemik lebih rendah	Produk rendah indeks glikemik, fungsional	pangan	Perlu diuji pada produk akhir, bukan hanya bahan mentah
Mineral	Mendukung fungsi metabolik dan nilai gizi pangan	Pangan sekolah, pangan lokal bergizi, produk fortifikasi alami		Bioavailabilitas dapat dipengaruhi fitat dan tanin
Vitamin B kompleks dan vitamin E	Mendukung metabolisme energi dan aktivitas antioksidan lipofilik	Produk berbasis tepung utuh atau minimal proses		Dapat berkurang akibat penyosohan, pemanasan, dan penyimpanan
Bebas gluten	Relevan untuk konsumen dengan kebutuhan pangan bebas gluten	Cookies, bakery bebas gluten, mie, pasta, snack		Perlu formulasi karena tidak membentuk jaringan gluten seperti gandum
Antinutrisi, terutama tanin dan fitat	Dapat menghambat bioavailabilitas mineral dan daya cerna protein	Perlu perendaman, fermentasi, perkecambahan, atau dekortikasi terukur		Tanin juga dapat berperan sebagai senyawa bioaktif

Keterangan: Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai gizi sorgum tidak hanya ditentukan oleh kandungan makronutrien, tetapi juga oleh struktur pati, kualitas protein, serat, mineral, sifat bebas gluten, serta keberadaan antinutrisi. Oleh karena itu, pengembangan sorgum NTB perlu menilai bahan baku dan produk akhir secara bersamaan.

Fitokimia, Metabolit Sekunder, Dan Senyawa Bioaktif Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) tidak hanya bernilai sebagai sumber karbohidrat, protein, serat, dan mineral, tetapi juga sebagai sumber metabolit sekunder atau senyawa bioaktif nabati. Dalam kajian pangan fungsional, senyawa ini penting karena dapat

berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, antidiabetes, antiinflamasi, antimikroba, dan modulasi metabolik. Namun, keberadaan senyawa bioaktif tidak dapat langsung disamakan dengan efek klinis pada manusia. Klaim pangan fungsional harus bertumpu pada analisis kimia, uji bioaktivitas, keamanan, pengaruh pengolahan, bioaksesibilitas, dan validasi konsumsi.

Secara umum, fitokimia sorgum mencakup senyawa fenolik, flavonoid, tanin, antosianin, 3-deoxyanthocyanidins, fitosterol, asam fenolat, karotenoid, vitamin E, amina bioaktif, saponin, alkaloid, steroid, terpenoid, lignan, dan wax. Li, Zhao, Zhang, dan Liu (2021) merangkum bahwa biji sorgum mengandung senyawa fenolik, karotenoid, vitamin E, amina, dan fitosterol. Setyorini dan Antarlina (2022) juga melaporkan adanya alkaloid, flavonoid, tanin, polifenol, saponin, steroid, dan terpenoid. Senyawa tersebut berperan dalam adaptasi tanaman terhadap stres lingkungan, perlindungan dari patogen, pigmentasi, rasa, astringensi, dan potensi aktivitas biologis.

Senyawa fenolik merupakan kelompok bioaktif utama sorgum, terutama ditemukan pada perikarp, testa, aleuron, dan bran dalam bentuk bebas maupun terikat. Xu, Wang, dan Zhao (2021) menjelaskan bahwa sorgum mengandung ferulic acid, gallic acid, vanillic acid, luteolin, apigenin, dan 3-deoxyanthocyanidins. Desta et al. (2023) menunjukkan bahwa *total phenolic content*, *total tannin content*, dan aktivitas antioksidan berbeda nyata antar *landrace* sorgum, serta dipengaruhi oleh warna biji dan asal geografis. Flavonoid seperti luteolin dan apigenin juga dilaporkan sebagai komponen penting yang membedakan profil metabolit antaraksesi sorgum (Desta et al., 2023; Ramalingam et al., 2021).

Tanin dan proanthocyanidins perlu dibahas secara seimbang. Di satu sisi, tanin dapat mengikat protein dan mineral sehingga menurunkan daya cerna dan bioavailabilitas. Di sisi lain, tanin dapat berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan potensi efek metabolik. Khalid et al. (2022) menekankan bahwa *condensed tannins* pada sorgum berperan dalam bioaktivitas pangan, tetapi bukti manusia masih terbatas. Karena itu, pengolahan seperti perendaman, fermentasi, perkecambahan, dekortikasi, dan formulasi diperlukan untuk mengelola kadar tanin tanpa menghilangkan seluruh nilai bioaktifnya.

Antosianin dan 3-deoxyanthocyanidins, seperti apigeninidin, luteolinidin, 5-methoxyluteolinidin, dan 7-methoxyapigeninidin, penting pada sorgum berwarna (Xu et al., 2021; Desta et al., 2023). Mukkun, Lalel, dan Kleden (2021) menunjukkan bahwa sorgum lokal hitam di Nusa Tenggara Timur memiliki kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan tinggi. Frankowski, Przybylska-Balcerek, dan Stuper-Szablewska (2022) juga menunjukkan adanya fitosterol seperti beta-sitosterol, campesterol, dan stigmasterol pada produk berbasis sorgum.

Sebagaimana diringkas pada Tabel 2, potensi bioaktif sorgum perlu dibaca bersama faktor varietas, warna biji, lokasi tumbuh, metode ekstraksi, dan proses pengolahan. Htet, Feng, Wang, Tian, dan Yadav (2022) menegaskan bahwa perbedaan genotipe menghasilkan karakter nutrisi dan fungsional berbeda. Untuk NTB, data fitokimia spesifik masih terbatas. Studi Permana, Karlina, Hartini, dan Japa (2021) menunjukkan pemanfaatan sorgum di Lombok Tengah, tetapi belum menyediakan profil fitokimia detail. Karena itu, riset NTB perlu memetakan varietas, warna biji, fenolik, flavonoid, tanin, antosianin, 3-deoxyanthocyanidins, fitosterol, aktivitas antioksidan, bioaksesibilitas, pengaruh pengolahan, dan penerimaan sensori sebelum menyusun klaim pangan fungsional.

Tabel 2. Sintesis senyawa bioaktif sorgum dan relevansinya bagi pengembangan pangan fungsional berbasis NTB

Kelompok Senyawa	Contoh Senyawa	Potensi Peran	Faktor yang Memengaruhi	Catatan Kehati-hatian
Asam fenolat	Ferulic acid, gallic acid, vanillic acid, caffeic acid, p-coumaric acid	Antioksidan dan kontribusi terhadap aktivitas biologis awal	Varietas, metode ekstraksi, bentuk bebas atau terikat	Tidak otomatis menunjukkan efek klinis
Flavonoid	Luteolin, apigenin	Antioksidan dan potensi antiinflamasi berdasarkan model eksperimental	Genotipe, warna biji, lokasi tumbuh	Perlu identifikasi spesifik, bukan hanya total flavonoid
Tanin	Condensed tannins, proanthocyanidins	Antioksidan dan potensi modulasi pencernaan pati	Varietas bertesta, warna biji, dekortikasi	Dapat menjadi antinutrisi dan memengaruhi rasa
Antosianin	Pigmen merah, ungu, atau gelap	Pewarna alami dan antioksidan	Warna biji, pH, stabilitas proses	Stabilitas dan bioavailabilitas perlu diuji
3-Deoxyanthocyanidins	Apigeninidin, luteolinidin, 5-methoxyluteolinidin, 7-methoxyapigeninidin	Ciri bioaktif penting sorgum berwarna	Warna biji, genotipe, metode LC-MS/MS	Perlu data lokal sebelum klaim varietas NTB
Fitosterol	Beta-sitosterol, campesterol, stigmasterol	Potensi terkait metabolisme lipid	Germ, fraksi lipid, pengolahan, penyimpanan	Tidak boleh langsung diklaim menurunkan kolesterol
Karotenoid dan vitamin E	Lutein, zeaxanthin, tocopherols, tocotrienols	Pigmen dan antioksidan lipofilik	Varietas, germ, oksidasi, pemanasan	Dapat berkurang selama penyimpanan dan

Saponin, alkaloid, steroid, terpenoid	Senyawa skrining fitokimia	hasil	Potensi aktivitas biologis tambahan	Varietas, metode ekstraksi, metode skrining	pengolahan	Perlu identifikasi kuantitatif dan evaluasi keamanan
Wax policosanol	dan Long-chain alcohols		Karakter permukaan biji dan potensi bioaktif minor	Lapisan luar biji dan proses pengolahan	Bukti pada pangan manusia masih terbatas	

Keterangan: Tabel 2 menunjukkan bahwa senyawa bioaktif sorgum memiliki peluang fungsional, tetapi interpretasinya harus mempertimbangkan varietas, warna biji, metode analisis, proses pengolahan, bioaksesibilitas, dan bukti konsumsi. Untuk NTB, tabel ini dapat menjadi dasar penyusunan parameter laboratorium sorgum lokal.

Aktivitas Biologis In Vitro And In Vivo Sorgum

Kajian aktivitas biologis sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) penting untuk menilai relevansi komponen gizi dan senyawa bioaktifnya dalam pengembangan pangan fungsional. Aktivitas yang banyak dilaporkan meliputi antioksidan, antidiabetes, antiinflamasi, antikanker atau antiproliferatif, antimikroba, antiobesitas, efek terhadap metabolisme lipid, modulasi mikrobiota usus, serta kesehatan saluran cerna. Aktivitas tersebut terutama dikaitkan dengan senyawa fenolik, flavonoid, tanin, 3-deoxyanthocyanidins, serat pangan, pati resisten, fitosterol, dan peptida bioaktif (Li, Zhao, Zhang, & Liu, 2021). Namun, bukti biologis harus dibaca bertingkat. Studi *in vitro* menunjukkan aktivitas dalam sistem laboratorium, studi *in vivo* menunjukkan respons pada organisme hidup, sedangkan uji manusia memiliki relevansi paling kuat untuk klaim kesehatan.

Aktivitas antioksidan merupakan bukti yang paling banyak dikaji. Ofosu et al. (2020) menunjukkan bahwa beberapa genotipe sorgum cokelat yang didekortikasi memiliki aktivitas penangkapan radikal DPPH dan ABTS, serta aktivitas tersebut berkaitan dengan flavonoid. Desta et al. (2023) juga melaporkan bahwa total fenolik, total tanin, dan aktivitas antioksidan berbeda nyata antar *landrace* sorgum, dipengaruhi oleh warna biji dan asal geografis. Temuan ini menegaskan bahwa aktivitas biologis sorgum sangat bergantung pada varietas, komposisi fitokimia, lokasi tumbuh, dan metode analisis.

Aktivitas antidiabetes umumnya dikaji melalui inhibisi α -glukosidase dan α -amilase. Ofosu et al. (2020) melaporkan bahwa beberapa ekstrak sorgum cokelat menunjukkan aktivitas inhibisi enzim yang kuat secara *in vitro*. Pada tingkat manusia, Gallo et al. (2021) menunjukkan bahwa roti bebas gluten berbasis genotipe sorgum berbeda menghasilkan respons glikemik berbeda, dengan roti sorgum cokelat termasuk kategori indeks glikemik rendah. Namun, klaim antidiabetes tetap harus dibatasi karena respons glikemik dipengaruhi genotipe, formulasi, pengolahan, dan bentuk produk akhir.

Aktivitas antiinflamasi, antiproliferatif, antimikroba, antiobesitas, hepatoprotektif, dan kardiometabolik juga dilaporkan, tetapi sebagian besar masih berbasis *in vitro* atau model hewan. Xu, Wang, dan Zhao (2021) menjelaskan bahwa fenolik sorgum berpotensi

berkontribusi pada aktivitas antiinflamasi, antiproliferatif, antidiabetes, dan antiaterogenik. Katerere et al. (2026) menunjukkan bahwa minuman fermentasi sorgum memiliki aktivitas sitoprotektif dan penangkapan ROS pada model sel Caco-2. Khalid et al. (2022) juga menekankan bahwa komponen bioaktif sorgum berpotensi terkait dengan metabolisme glukosa dan lipid, tetapi bukti manusia masih terbatas.

Sorgum juga relevan bagi riset mikrobiota usus karena mengandung serat pangan, pati resisten, fenolik terikat, dan tanin. De São José et al. (2025) meninjau 22 studi *in vivo* dan menunjukkan bahwa genotipe, fraksi biji, serta metode pengolahan sorgum dapat memengaruhi mikrobiota, integritas *barrier* usus, morfologi intestinal, dan produksi *short-chain fatty acids*. Sebagaimana diringkas pada Tabel 3, aktivitas biologis sorgum menunjukkan peluang fungsional, tetapi belum cukup untuk klaim terapeutik. Untuk NTB, validasi harus dilakukan bertahap melalui identifikasi varietas, analisis gizi dan fitokimia, uji *in vitro*, pengaruh pengolahan, uji bioaksesibilitas, dan jika memungkinkan uji *in vivo* atau konsumsi manusia.

Tabel 3. Sintesis aktivitas biologis sorgum dan tingkat kehati-hatian interpretasi ilmiah

Jenis Aktivitas	Jenis Bukti Umum	Model Uji	Komponen yang Diduga Berperan	Interpretasi Ilmiah
Antioksidan	Relatif kuat pada <i>in vitro</i>	DPPH, ABTS, FRAP, ORAC, sel Caco-2	Fenolik, flavonoid, tanin, 3-deoxyanthocyanidins	Bukti awal kuat, tetapi tidak otomatis menunjukkan efek klinis
Antidiabetes	Sedang sampai kuat pada <i>in vitro</i> , terbatas pada manusia	α -glukosidase, α -amilase, indeks glikemik produk	Serat, pati resisten, tanin, flavonoid	Perlu uji produk akhir dan konsumsi manusia
Antiinflamasi	Terbatas sampai sedang	Kultur sel, model hewan	Fenolik, flavonoid, 3-deoxyanthocyanidins	Mekanisme dan relevansi manusia masih perlu diperjelas
Antikanker atau antiproliferatif	Terutama <i>in vitro</i>	Kultur sel kanker	Fenolik, flavonoid, tanin	Tidak boleh diklaim sebagai efek antikanker pada manusia
Antimikroba	Terbatas dan tergantung ekstrak	Disk diffusion, MIC, MBC	Tanin, fenolik, metabolit fermentasi	Perlu uji dalam matriks pangan dan keamanan produk

Antiobesitas	Awal, banyak berbasis enzim	Inhibisi lipase, model hewan	Flavonoid, serat, pati resisten	Tidak cukup untuk klaim penurunan berat badan
Mikrobiota usus	Berkembang pada studi <i>in vivo</i> pra-klinis	Hewan coba, fermentasi fekal, SCFA	Serat, pati resisten, fenolik terikat	Potensial, tetapi bergantung varietas dan proses
Kardiometabolik	Terbatas	Model hewan, biomarker lipid	Serat, fitosterol, fenolik	Perlu uji manusia jangka panjang
Hepatoprotektif	Masih terbatas	Model hewan, biomarker hati	Fenolik, antioksidan	Perlu bukti dari produk sorgum pangan langsung
Peptida bioaktif	Berkembang pada <i>in vitro</i>	Hidrolisat protein, uji radikal, antimikroba	Peptida dari kafirin	Potensial untuk produk fermentasi atau hidrolisat

Keterangan: Tabel 3 menunjukkan bahwa sebagian besar bukti aktivitas biologis sorgum masih berada pada level pra-klinis. Oleh karena itu, artikel perlu membedakan bukti langsung dari sorgum, bukti dari senyawa bioaktif, dan bukti pembanding agar tidak terjadi overclaim.

Efek Pengolahan Pada Kandungan Nutrisi Dan Komponen Bioaktif Sorgum

Pengolahan merupakan faktor penting dalam menentukan kelayakan sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) sebagai pangan lokal, pangan bebas gluten, dan bahan pangan fungsional. Sorgum mengandung metabolit primer dan senyawa bioaktif seperti fenolik, flavonoid, tanin, 3-deoxyanthocyanidins, serat pangan, dan pati resisten. Namun, nilai gizi dan bioaktivitasnya dapat berubah selama pascapanen dan pengolahan. Proses seperti penggilingan, dekortikasi, perendaman, fermentasi, perkecambahan, pemanasan, ekstrusi, pemanggangan, dan pembuatan produk olahan dapat memengaruhi daya cerna, kadar antinutrisi, bioaksesibilitas, aktivitas antioksidan, tekstur, warna, rasa, dan penerimaan konsumen (Li, Zhao, Zhang, & Liu, 2022).

Penggilingan dan dekortikasi penting dalam produksi tepung sorgum. Dekortikasi dapat menurunkan rasa sepat, warna gelap, tanin, dan fitat, tetapi juga dapat mengurangi fenolik, serat, mineral, dan aktivitas antioksidan karena banyak senyawa bioaktif terkonsentrasi pada bran, testa, dan perikarp (Li et al., 2022). Perendaman juga dapat menurunkan fitat dan tanin, tetapi berisiko melarutkan sebagian fenolik dan menurunkan aktivitas antioksidan (Sorour, Mehanni, Taha, & Rashwan, 2017). Karena itu, perlakuan awal perlu dioptimalkan berdasarkan tujuan produk, apakah untuk meningkatkan penerimaan sensori, bioavailabilitas mineral, atau mempertahankan senyawa bioaktif.

Fermentasi dan perkecambahan merupakan proses yang menjanjikan karena dapat meningkatkan daya cerna, menurunkan antinutrisi, serta memodifikasi fenolik dan aktivitas antioksidan. Fermentasi asam laktat dapat memengaruhi pencernaan pati dan protein, memperbaiki ketersediaan nutrien, serta menurunkan fitat dan tanin (Rodríguez-España, Figueroa-Hernández, Figueroa-Cárdenas, Rayas-Duarte, & Hernández-Estrada, 2022). Sorour et al. (2017) melaporkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan total fenolik dan aktivitas antioksidan pada kultivar tertentu. Katerere et al. (2026) juga menunjukkan bahwa minuman fermentasi sorgum memiliki senyawa fenolik dan aktivitas sitoprotektif *in vitro*. Perkecambahan dilaporkan dapat meningkatkan total fenolik, flavonoid, daya cerna protein, dan menurunkan asam fitat serta tanin, meskipun efeknya dapat berbeda menurut varietas dan kondisi proses (Singh et al., 2024; Salvati et al., 2024).

Proses termal dan ekstrusi juga memiliki efek ganda. Pemanasan dapat menurunkan senyawa sensitif, tetapi juga dapat melepaskan fenolik terikat dari matriks sel (Li et al., 2022). Ekstrusi dapat memperbaiki tekstur, instanisasi, dan menurunkan antinutrisi, tetapi efeknya terhadap fenolik bergantung pada suhu, kadar air, dan kondisi proses (Ortiz-Cruz et al., 2020; Sruthi, Joshi, Johnson, & Bhattarai, 2025). Kombinasi perkecambahan dan ekstrusi bahkan dilaporkan meningkatkan nilai nutrisi dan nutrasetikal sorgum (Madrigales, Reyes, Jiménez-Edeza, Gutiérrez-Dorado, & Perales-Sánchez, 2024).

Untuk NTB, pengolahan sorgum perlu diarahkan secara bertahap. Tahap awal dapat berfokus pada pengeringan, penyimpanan, penggilingan, tepung sorgum, cookies, snack, bubur instan, minuman, dan fermentasi sederhana. Tahap lanjutan dapat mencakup mie, pasta, sereal instan, snack ekstrusi, dan produk bebas gluten, dengan uji gizi, bioaktif, antinutrisi, keamanan pangan, bioaksesibilitas, dan sensori pada produk akhir (Palavecino, Curti, Bustos, Penci, & Ribotta, 2020; De São José et al., 2025).

Pengembangan Potensi Sorgum Di NTB

Pengembangan sorgum di Nusa Tenggara Barat (NTB) perlu dipahami sebagai agenda strategis lintas sektor, bukan sekadar introduksi komoditas baru. Sorgum berpotensi dikembangkan sebagai pangan lokal, bahan pangan fungsional, komoditas adaptif lahan kering, pakan ternak, sumber biomassa, dan bahan bioindustri. Posisi ini relevan dengan kebutuhan NTB untuk memperkuat diversifikasi pangan, meningkatkan nilai tambah komoditas lokal, mengembangkan ekonomi petani dan UMKM, serta merespons perubahan iklim. Secara konseptual, sorgum dapat ditempatkan sebagai sumber karbohidrat alternatif, tanaman lahan kering, dan bahan pangan fungsional karena mengandung serat pangan, pati resisten, fenolik, flavonoid, tanin, dan komponen bioaktif lain (Li, Zhao, Zhang, & Liu, 2021; Tanwar, Panghal, Chaudhary, Kumari, & Chhikara, 2023).

Dasar pengembangan sorgum di NTB berkaitan erat dengan karakter agroekologi lahan kering. Mulyani dan Suwanda (2020) menjelaskan bahwa wilayah Nusa Tenggara memiliki lahan kering beriklim kering dengan curah hujan relatif rendah dan periode bulan kering panjang. Secara lebih spesifik, Wibowo dan Meylani (2024) memodelkan potensi distribusi sorgum di Pulau Lombok dan melaporkan area habitat sesuai sebesar 1.875 km² atau 39,56% wilayah Pulau Lombok, terutama di bagian selatan. Namun, hasil pemodelan belum cukup sebagai bukti keberhasilan budidaya. Diperlukan uji adaptasi varietas, demplot, evaluasi produktivitas, analisis ekonomi usaha tani, serta kajian pascapanen dan pemasaran di Lombok,

Sumbawa, Dompu, dan Bima.

Sorgum juga relevan sebagai komoditas diversifikasi pangan. Irawan dan Sutrisna (2011) menyatakan bahwa tepung sorgum dapat digunakan sebagai substitusi sebagian tepung gandum dalam produk olahan seperti mie, roti, dan kue. Dalam konteks NTB, sorgum lebih realistis diposisikan sebagai pangan komplementer, bukan pengganti total beras. Produk awal yang potensial meliputi tepung sorgum, cookies, snack bar, bubur instan, minuman, kue kering, pangan sekolah, dan pangan darurat. Untuk produk bebas gluten, sorgum memiliki peluang karena tidak mengandung gluten, tetapi pengembangan mie, pasta, dan bakery membutuhkan riset formulasi karena sifat adonan berbeda dari gandum (Palavecino, Curti, Bustos, Penci, & Ribotta, 2020).

Pengembangan sorgum NTB juga dapat diarahkan pada UMKM, pangan fungsional, pakan, dan bioindustri sederhana. Permana, Karlina, Hartini, dan Japa (2021) menunjukkan bahwa sorgum di Desa Tanak Beak, Lombok Tengah, telah dimanfaatkan menjadi olahan pangan, minuman dari batang, kerajinan, dan pupuk organik. Biba (2015) menekankan bahwa sorgum berpotensi sebagai pangan, pakan, dan energi. Pengalaman wilayah lain juga menunjukkan relevansi sorgum bagi sistem pangan lokal dan ekonomi petani. Sahara et al. (2023) melaporkan kontribusi sorgum terhadap pendapatan rumah tangga petani lahan kering di Wonogiri, sedangkan Hanggarawati, Nilasari, dan Jakaria (2024) menunjukkan bahwa pengembangan pangan lokal berbasis sorgum di Nusa Tenggara Timur berkaitan dengan sistem pangan berkelanjutan dan komunitas lokal.

Namun, potensi tersebut belum cukup untuk menyimpulkan bahwa sorgum telah siap menjadi komoditas strategis utama NTB. Masih terdapat *gap* terkait varietas lokal, produktivitas, mutu gizi, fitokimia, bioaktivitas, penerimaan konsumen, standar tepung, teknologi pengolahan, rantai pasok, dan kelembagaan pasar. Karena itu, pengembangan sorgum NTB perlu dilakukan bertahap melalui validasi lokal, penguatan pascapanen, inkubasi produk UMKM, model rantai nilai, branding pangan lokal, serta integrasi kebijakan daerah. Pendekatan strategis seperti analisis lingkungan internal-eksternal, optimalisasi lahan, dan perumusan prioritas berbasis wilayah dapat digunakan sebagai rujukan adaptif (Saragih, Wadu, Wadu, & Way, 2024).

Tren Dan Arah Penelitian Sorgum

Riset sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) dalam dua dekade terakhir berkembang dari kajian sereal alternatif menuju komoditas strategis yang terkait dengan perubahan iklim, ketahanan pangan, pangan fungsional, biofortifikasi, pakan, bioenergi, dan bioindustri. Kajian bibliometrik Adnan et al. (2024) menunjukkan kluster riset sorgum mencakup ekspresi gen dan stres tanaman, hasil sereal, biomassa dan bioproses mikroba, metabolisme dan antioksidan, serta praktik pertanian berkelanjutan. Arah ini menunjukkan bahwa sorgum perlu dikaji secara multidisipliner, termasuk dalam konteks NTB sebagai tanaman lahan kering, pangan lokal, bahan pangan fungsional, komoditas UMKM, pakan ternak, dan bahan bioindustri.

Tren utama riset sorgum adalah posisinya sebagai *climate-resilient crop*. Sorgum dikenal sebagai tanaman C4 yang efisien secara fotosintesis, relatif toleran kekeringan, adaptif pada suhu tinggi, dan sesuai untuk lahan dengan keterbatasan air. Hossain, Islam, Rahman, Mostofa, dan Khan (2022) menegaskan bahwa perubahan suhu dan presipitasi menuntut tanaman dengan kebutuhan air lebih rendah dan toleransi stres abiotik. Zheng et al. (2025) juga menunjukkan pertumbuhan riset sorgum dan perubahan iklim yang pesat, dengan tema *climate*

resilience, energi berkelanjutan, dampak lingkungan, dan sosial ekonomi. Untuk NTB, relevansinya diperkuat oleh Wibowo dan Meylani (2024), yang menunjukkan potensi distribusi sorgum di wilayah kering Lombok, meskipun masih memerlukan validasi lapangan.

Tren berikutnya berkaitan dengan *dryland farming*, genomik, pemuliaan, dan biofortifikasi. Mulyani dan Suwanda (2020) menjelaskan bahwa Nusa Tenggara memiliki lahan kering beriklim kering, sehingga riset sorgum perlu diarahkan pada konservasi tanah, efisiensi air, integrasi tanaman-ternak, pola tanam campuran, dan sistem rendah input. Kumar et al. (2023) menunjukkan bahwa keragaman *landrace* sorgum dapat dimanfaatkan untuk biofortifikasi protein, zat besi, seng, fenolik, tanin, dan aktivitas antioksidan. Sushma, Kavithamani, Sudha, dan Meenakshi (2025) menambahkan bahwa sorgum tahan stres kini didukung QTL mapping, GWAS, metabolomics, genomic selection, dan CRISPR/Cas9. Untuk NTB, tahap awal perlu dimulai dari identifikasi aksesori, karakter agronomis, adaptasi lahan kering, dan mutu gizi lokal.

Sorgum juga semakin penting dalam riset pangan fungsional, *gluten-free food*, teknologi pengolahan, bioaksesibilitas, dan mikrobiota usus. Li et al. (2021), Xu, Wang, dan Zhao (2021), Khalid et al. (2022), dan Tanwar, Panghal, Chaudhary, Kumari, dan Chhikara (2023) menegaskan potensi fenolik, flavonoid, tanin, 3-deoxyanthocyanidins, fitosterol, serat pangan, pati resisten, dan peptida bioaktif. Aguiar, Santos, Queiroz, dan Capriles (2023) serta Palavecino, Curti, Bustos, Penci, dan Ribotta (2020) menunjukkan peluang produk sorgum dalam *bakery*, pasta, mie, snack, dan pangan bebas gluten, meskipun tekstur dan penerimaan konsumen masih menjadi tantangan. Fermentasi, perkecambahan, ekstrusi, dan pemanasan dapat mengubah gizi, antinutrisi, dan bioaktif, sehingga perlu uji produk akhir dan bioaksesibilitas (Li et al., 2022; Rodríguez-España et al., 2022). De São José et al. (2025) menunjukkan peluang riset sorgum terhadap mikrobiota, *barrier* usus, dan *short-chain fatty acids*.

Dalam konteks Indonesia dan NTB, sorgum perlu diarahkan melalui pendekatan hulu-hilir: pemetaan lahan, uji varietas, analisis gizi dan fitokimia, formulasi produk, uji sensori, rantai nilai, dan kebijakan. Sahara et al. (2023) menunjukkan kontribusi sorgum terhadap pendapatan petani lahan kering, sedangkan Permana, Karlina, Hartini, dan Japa (2021) menunjukkan pemanfaatan sorgum di Lombok Tengah. Tren *circular bioeconomy* relevan karena biji, batang, daun, nira, dan limbah sorgum dapat dimanfaatkan untuk pangan, pakan, energi, kompos, dan bioindustri (Biba, 2015; Rajan et al., 2025). Namun, tren global harus diterjemahkan realistis sesuai kapasitas riset, pasar, teknologi, dan kebijakan daerah.

Tantangan Dan Rekomendasi Strategis

Pengembangan sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) di Nusa Tenggara Barat (NTB) memiliki prospek kuat, tetapi tantangannya bersifat sistemik. Hambatan tidak hanya muncul pada budidaya, tetapi juga pada data lokal, benih, produktivitas, pascapanen, pengolahan, penerimaan konsumen, rantai nilai, pasar, kebijakan, kelembagaan, pakan, limbah, bioindustri, dan validasi ilmiah sebagai pangan fungsional. Karena itu, sorgum tidak dapat dikembangkan melalui pendekatan komoditas tunggal, melainkan harus menggunakan pendekatan sistem pangan hulu-hilir. Secara nasional, Ariningsih et al. (2023) menunjukkan bahwa pengembangan sorgum di Indonesia masih lambat karena hambatan terjadi mulai dari budidaya, panen, pascapanen, pengolahan, pemasaran, sampai konsumsi. Dalam konteks NTB,

bukti pemanfaatan sorgum di Desa Tanak Beak, Lombok Tengah, menunjukkan potensi olahan pangan, minuman batang, kerajinan, dan pupuk organik, tetapi belum cukup untuk menyimpulkan bahwa sistem sorgum NTB telah berkembang luas dan terintegrasi (Permana, Karlina, Hartini, & Japa, 2021).

Tantangan pertama adalah keterbatasan data lokal. NTB masih membutuhkan data tentang varietas atau aksesori sorgum yang sesuai untuk Lombok, Sumbawa, Dompu, dan Bima; kesesuaian lahan; produktivitas; komposisi gizi; profil fitokimia; antinutrisi seperti tanin dan fitat; aktivitas biologis *in vitro* dan *in vivo*; perubahan bioaktif setelah pengolahan; penerimaan konsumen; kelayakan ekonomi; dan rantai nilai. Wibowo dan Meylani (2024) telah memodelkan potensi distribusi sorgum di Lombok, tetapi hasil tersebut perlu dilengkapi uji lapangan, uji varietas, data produktivitas, dan analisis sosial-ekonomi. Basis data sorgum NTB perlu dibangun melalui riset terpadu yang mencakup agronomi, pangan, gizi, fitokimia, pengolahan, ekonomi, dan kebijakan.

Dari sisi budidaya, sorgum memang toleran kekeringan, tetapi tidak berarti dapat tumbuh optimal tanpa manajemen. Produktivitas tetap dipengaruhi varietas, benih, musim tanam, tanah, air, pemupukan, hama, penyakit, dan praktik panen. Mulyani dan Suwanda (2020) menegaskan bahwa wilayah Nusa Tenggara memiliki lahan kering beriklim kering, sehingga membutuhkan konservasi tanah, efisiensi air, varietas adaptif, dan teknologi spesifik lokasi. Prinsip pengelolaan lahan kering dari Matheus, Basri, Rompon, dan Neonufa (2017) juga relevan sebagai pembandingan. Karena itu, NTB perlu melakukan demplot dan uji adaptasi varietas untuk pangan, pakan, sorgum manis, dan biomassa.

Tantangan berikutnya adalah benih, pascapanen, dan pengolahan. Human et al. (2023) menunjukkan bahwa pemuliaan mutasi menghasilkan varietas sorgum yang lebih adaptif, tetapi penerapannya di NTB tetap memerlukan validasi lokal dan sistem benih daerah. Pascapanen juga menjadi titik kritis karena sorgum memerlukan pengeringan, sortasi, penyimpanan, penggilingan, dekortikasi, dan standar mutu tepung. Dalam pengolahan, tepung sorgum tidak mengandung gluten sehingga memerlukan formulasi khusus untuk roti, mie, pasta, dan bakery (Irawan & Sutrisna, 2011; Palavecino, Curti, Bustos, Penci, & Ribotta, 2020). Produk awal yang paling realistis untuk NTB adalah tepung, cookies, snack bar, kue kering, bubur instan, minuman, dan pangan bebas gluten sederhana.

Dari sisi pangan fungsional, sorgum mengandung fenolik, flavonoid, tanin, antosianin, dan 3-deoxyanthocyanidins, tetapi tanin dan fitat juga dapat membatasi bioavailabilitas. Li et al. (2022) menunjukkan bahwa pengolahan dapat mengubah kandungan bioaktif dan antinutrisi. Oleh karena itu, klaim kesehatan harus dibatasi. Sorgum NTB dapat disebut berpotensi sebagai pangan fungsional, tetapi tidak boleh diklaim sebagai obat diabetes, antikanker, atau penurun kolesterol tanpa uji produk, uji manusia, dan regulasi klaim kesehatan.

Tantangan pasar dan konsumen juga penting. Produk sorgum harus diterima dari aspek rasa, aroma, warna, tekstur, harga, kemasan, dan citra. Widodo et al. (2023) menunjukkan persepsi petani terhadap sorgum di Wonogiri dan Gunungkidul cukup positif, tetapi penerimaan petani berbeda dari penerimaan konsumen. Sahara et al. (2023) menunjukkan sorgum dapat berkontribusi pada pendapatan petani jika terhubung dengan pasar. Karena itu, NTB memerlukan model rantai nilai berbasis klaster yang melibatkan petani, koperasi, BUMDes, penggilingan, UMKM, perguruan tinggi, pemerintah, industri, dan pasar.

Secara strategis, pengembangan sorgum NTB perlu dilakukan bertahap: validasi varietas dan lahan, penguatan pascapanen, pengembangan produk, uji konsumen, pembentukan rantai nilai, integrasi kebijakan, lalu pengembangan pangan fungsional, pakan, silase, nira, pupuk organik, dan bioindustri sederhana. Korima, Mansyur, dan Setiyatwan (2022) menunjukkan potensi sorgum sebagai pakan ruminansia, sedangkan Saragih, Wadu, Wadu, dan Way (2024) serta Susilawati et al. (2023) menekankan pentingnya strategi spesifik lokasi, kemitraan, teknologi, dan pemanfaatan limbah. Dengan pendekatan bertahap, berbasis data lokal, dan terintegrasi hulu-hilir, sorgum dapat berkontribusi secara realistis pada diversifikasi pangan dan ketahanan pangan NTB.

KESIMPULAN

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) memiliki potensi strategis sebagai pangan fungsional dan komoditas adaptif lahan kering untuk mendukung ketahanan pangan di Nusa Tenggara Barat (NTB). Potensi tersebut terlihat dari kemampuannya tumbuh pada kondisi kering, kandungan metabolit primer seperti karbohidrat, protein, serat, mineral, dan lipid, serta keberadaan senyawa bioaktif seperti fenolik, flavonoid, tanin, antosianin, 3-deoxyanthocyanidins, dan fitosterol. Sorgum juga berpeluang dikembangkan sebagai bahan pangan bebas gluten, tepung lokal, produk olahan UMKM, pangan sekolah, pakan ternak, serta bahan baku bioindustri sederhana.

Namun, pengembangan sorgum di NTB tidak dapat hanya bertumpu pada potensi umum dari literatur global atau nasional. Data lokal tentang varietas, kesesuaian lahan, produktivitas, komposisi gizi, profil fitokimia, bioaktivitas, pengaruh pengolahan, penerimaan konsumen, rantai nilai, dan kelayakan ekonomi masih perlu diperkuat. Bukti in vitro dan in vivo juga perlu ditafsirkan hati-hati karena belum cukup untuk klaim kesehatan langsung pada manusia.

Dengan demikian, sorgum layak diposisikan sebagai komoditas potensial dalam strategi diversifikasi pangan NTB, tetapi realisasinya membutuhkan pendekatan bertahap dan terintegrasi. Prioritas ke depan mencakup riset lokal, standardisasi pascapanen, inovasi produk, uji sensori, penguatan UMKM, pembentukan rantai nilai, serta dukungan kebijakan daerah agar sorgum dapat berkontribusi secara realistis terhadap ketahanan pangan, ekonomi lokal, dan sistem pangan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A., Hastuti, C. O. I., Hadiarto, A., Lestari, I. P., Haryati, Y., Indrasti, R., Wijaya, A. (2024). Evolving paradigms in sorghum research: A bibliometric and content analysis of global trends and future directions. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 19(3). doi:10.18280/ij dne.190318
- Aguiar, E. V., Santos, F. G., Queiroz, V. A. V., & Capriles, V. D. (2023). A decade of evidence of sorghum potential in the development of novel food products: Insights from a bibliometric analysis. *Foods*, 12(20), 3790. doi:10.3390/foods12203790
- Ariningsih, E., Saliem, H. P., Nurhasanah, A., Gunawan, E., Agustian, A., & Saptana. (2023). Challenges and alternative solutions in developing sorghum to support food diversification in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1153, 012032. doi:10.1088/1755-1315/1153/1/012032

- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. doi:10.1080/1364557032000119616
- Biba, M. A. (2015). Prospek pengembangan sorgum untuk ketahanan pangan dan energi. *Iptek Tanaman Pangan*, 10(2), 135–144.
- De São José, V. P. B., Pereira, S. M. S., Piermatei, Á. L. M., Queiróz, V. A. V., Silva, B. P., Martino, H. S. D., & Tako, E. (2025). Preclinical evidence on the impact of sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes, fractions, and processing methods on intestinal health: A review of an ancient grain rich in phenolic and dietary fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi:10.1080/10408398.2025.2556229
- Desta, K. T., Choi, Y. M., Shin, M. J., Yoon, H., Wang, X. H., Lee, Y. J., ... Lee, S. (2023). Comprehensive evaluation of nutritional components, bioactive metabolites, and antioxidant activities in diverse sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) landraces. *Food Research International*, 170, 113390. doi:10.1016/j.foodres.2023.113390
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1996). *Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action*. Rome: FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). *Trade reforms and food security: Conceptualizing the linkages*. Rome: FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *An introduction to the basic concepts of food security*. Rome: FAO.
- Frankowski, J., Przybylska-Balcerek, A., & Stuper-Szablewska, K. (2022). Concentration of pro-health compound of sorghum grain-based foods. *Foods*, 11(2), 216. doi:10.3390/foods11020216
- Gallo, L. R. R., Reis, C. E. G., Mendonça, M. A., Silva, V. S. N., Pacheco, M. T. B., & Botelho, R. B. A. (2021). Impact of gluten-free sorghum bread genotypes on glycemic and antioxidant responses in healthy adults. *Foods*, 10(10), 2256. doi:10.3390/foods10102256
- Gwekwe, B., Chopera, P., Matsungu, T. M., Chidewe, C., Mukanganyama, S., Nyakudya, E., Mtambanengwe, F., Mapfumo, P., & Nyanga, L. K. (2024). Effect of dehulling, fermentation, and roasting on the nutrient and anti-nutrient content of sorghum and pearl millet flour. *International Journal on Food Agriculture and Natural Resources*, 5(1), 1–7. https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v5i1.221
- Hanggarawati, P. S., Nilasari, B. M., & Jakaria. (2024). Analysis of sorghum local food development analysis community-based for food security and nutrition in Lembata and East Flores, East Nusa Tenggara Province. *International Journal of Engineering Business and Social Science*, 2(4). doi:10.58451/ijebss.v2i04.156
- Hassan, Z. H. (2014). Aneka tepung berbasis bahan baku lokal sebagai sumber pangan fungsional dalam upaya meningkatkan nilai tambah produk pangan lokal. *Jurnal Pangan*, 23(1).
- Hossain, M. S., Islam, M. N., Rahman, M., Mostofa, M. G., & Khan, M. A. R. (2022). Sorghum: A prospective crop for climatic vulnerability, food and nutritional security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100300. doi:10.1016/j.jafr.2022.100300
- Htet, M. N. S., Feng, B., Wang, H., Tian, L., & Yadav, V. (2022). Comparative assessment of nutritional and functional properties of different sorghum genotypes for ensuring nutritional security in dryland agro-ecosystem. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1048789.

- doi:10.3389/fnut.2022.1048789
- Human, S., Indriatama, W.M., Sihono (2023). Success of Mutation Breeding of Sorghum to Support Food Security in Indonesia. In: Penna, S., Jain, S.M. (eds) Mutation Breeding for Sustainable Food Production and Climate Resilience. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9720-3_14
- Irawan, B., & Sutrisna, N. (2011). Prospek pengembangan sorgum di Jawa Barat mendukung diversifikasi pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 29(2), 99–113. doi:10.21082/fae.v29n2.2011.99-113
- Katerere, D. R., Dopazo, A. N., Sessa, R., Trombetti, S., Grosso, M., & Izzo, L. (2026). Evaluation of in vitro cytoprotective activity, antioxidant activity and proteomic profiles of novel Sorghum-Based fermented beverages. *Beverages*, 12(1), 9. <https://doi.org/10.3390/beverages12010009>
- Khalid, W., Ali, A., Arshad, M., Afzal, F., Akram, R., Siddeeg, A., Saeed, A. (2022). Nutrients and bioactive compounds of *Sorghum bicolor* L. used to prepare functional foods: A review on the efficacy against different chronic disorders. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1045–1062. doi:10.1080/10942912.2022.2071293
- Khalil, H., Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., McInerney, P., Soares, C. B., & Parker, D. (2016). An evidence-based approach to scoping reviews. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 13(2), 118–123. doi:10.1111/wvn.12144
- Korima, I., Mansyur, M., & Setiyatwan, H. (2022). Prospects of development of Sorghum as Ruminant Feed-In Indonesia. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis Dan Ilmu Pakan*, 4(3), 109–122. <https://doi.org/10.24198/jnttip.v4i3.40352>
- Kumar, M. V. N., Ramya, V., Maheshwaramma, S., Ganapathy, K. N., Govindaraj, M., Kavitha, K., & Vanisree, K. (2023). Exploiting Indian landraces to develop biofortified grain sorghum with high protein and minerals. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1228422. doi:10.3389/fnut.2023.1228422
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science*, 5, 69. doi:10.1186/1748-5908-5-69
- Li, Z., Zhao, X., Zhang, X., & Liu, H. (2021). Bioactive compounds and biological activities of sorghum grains. *Foods*, 10(11), 2868. doi:10.3390/foods10112868
- Li, Z., Zhao, X., Zhang, X., & Liu, H. (2022). The effects of processing on bioactive compounds and biological activities of sorghum grains. *Molecules*, 27(10), 3246. doi:10.3390/molecules27103246
- Madrigales, L. F., Reyes, C., Jiménez-Edeza, M., Gutiérrez-Dorado, R., & Perales-Sánchez, J. X. K. (2024). Combining germination-extrusion as strategy to improve nutritional and nutraceutical value of whole sorghum grain. *Czech Journal of Food Sciences*, 42. doi:10.17221/210/2023-CJFS
- Matheus, R., Basri, M. H., Rompon, M. S., & Neonufa, N. (2017). Strategi pengelolaan pertanian lahan kering dalam meningkatkan ketahanan pangan di Nusa Tenggara Timur. *Partner*, 22(2). doi:10.35726/jp.v22i2.246
- Mukkun, L., Lalel, H. J. D., & Kleden, Y. L. (2021). The physical and chemical characteristics of several accessions of sorghum cultivated on drylands in East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(5), 2520–2531. doi:10.13057/biodiv/d220509
- Mulyani, A., & Suwanda, M. H. (2020). Pengelolaan lahan kering beriklim kering untuk

- pengembangan jagung di Nusa Tenggara. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(1), 41–52. doi:10.21082/jsdl.v13n1.2019.41-52
- Ofori, F. K., Elahi, F., Daliri, E. B.-M., Yeon, S.-J., Ham, H. J., Kim, J.-H., ... Oh, D.-H. (2020). Flavonoids in decorticated sorghum grains exert antioxidant, antidiabetic and antiobesity activities. *Molecules*, 25(12), 2854. doi:10.3390/molecules25122854
- Ortiz-Cruz, R. A., Ramírez-Wong, B., Ledesma-Osuna, A. I., Torres-Chávez, P. I., Sánchez-Machado, D. I., Montañón-Leyva, B., ... Gutiérrez-Dorado, R. (2020). Effect of extrusion processing conditions on the phenolic compound content and antioxidant capacity of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) bran. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 252–257. doi:10.1007/s11130-020-00810-6
- Palavecino, P. M., Curti, M. I., Bustos, M. C., Penci, M. C., & Ribotta, P. D. (2020). Sorghum pasta and noodles: Technological and nutritional aspects. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(3), 326–336. doi:10.1007/s11130-020-00829-9
- Permana, L. T., Karlina, V., Hartini, B., & Japa, L. (2021). Pemanfaatan Tanaman Sorgum di Desa Tanak Beak, Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(3), 214-219. <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v4i3.951>
- Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBIR Evidence Synthesis*, 18(10), 2119–2126. doi:10.11124/JBIES-20-00167
- Pontieri, P., Troisi, J., Calcagnile, M., Aramouni, F., Tilley, M., Smolensky, D., ... Del Giudice, L. (2024). Nutritional composition, fatty acid content, and mineral content of nine sorghum (*Sorghum bicolor*) inbred varieties. *Foods*, 13(22), 3634. doi:10.3390/foods13223634
- Rajan, V. V. V., Kumari, B. M., Kavithamani, D., Djanaguiraman, M., & Meenakshi, P. (2025). Integrative approaches in sorghum improvement: From nutritional security to industrial sustainability. *Plant Science Today*, 12(sp4). <https://doi.org/10.14719/pst.10442>
- Ramalingam, A. P., Mohanavel, W., Premnath, A., Muthurajan, R., Prasad, P. V. V., & Perumal, R. (2021). Large-scale non-targeted metabolomics reveals antioxidant, nutraceutical and therapeutic potentials of sorghum. *Antioxidants*, 10(10), 1511. doi:10.3390/antiox10101511
- Rodríguez-España, M., Figueroa-Hernández, C., Figueroa-Cárdenas, J. D., Rayas-Duarte, P., & Hernández-Estrada, Z. J. (2022). Effects of germination and lactic acid fermentation on nutritional and rheological properties of sorghum: A graphical review. *Current Research in Food Science*, 5, 807–812. doi:10.1016/j.crfs.2022.04.014
- Sahara, D., Triastono, J., Praptana, R. H., Romdon, A. S., Arianti, F. D., Widodo, S., ... Nurwahyuni, E. (2023). Sorghum contribution to increased income and welfare of dryland farmer households in Wonogiri, Indonesia. *Agriculture*, 13(8), 1609. doi:10.3390/agriculture13081609
- Salvati, D., Paschoalinotto, B. H., Mandim, F., Ferreira, I. C. F. R., Steinmacher, N. C., Pereira, C. S. C., & Dias, M. I. (2024). Exploring the impacts of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) germination on the flour's nutritional, chemical, bioactive, and technological properties. *Foods*, 13(3), 491. doi:10.3390/foods13030491
- Saragih, E. C., Wadu, J., Wadu, R. B., & Way, P. A. H. (2024). Strategi Pengembangan Usahatani Sorgum pada Lahan Kering di Kabupaten Sumba Timur. *MIMBAR*

- AGRIBISNIS Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10(1), 1395. <https://doi.org/10.25157/ma.v10i1.13160>
- Setyorini, D., & Antarlina, S. S. (2022). Secondary metabolites in sorghum and its characteristics. *Food Science and Technology*, 42, e49822. doi:10.1590/fst.49822
- Singh, S., Habib, M., Mondal, D., Thakur, M., Kumar, Y., Bashir, K., Jan, K. (2024). Effects of germination on the physicochemical, thermal, in vitro protein digestibility, antinutrients, and antioxidant properties of sorghum flour. *International Journal of Food Science & Technology*. doi:10.1111/ijfs.17399
- Sorour, M. A., Mehanni, A. E., Taha, E., & Rashwan, A. K. (2017). Changes of total phenolics, tannins, phytate and antioxidant activity of two sorghum cultivars as affected by processing. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(7), 267–274. doi:10.21608/jfds.2017.38699
- Sruthi, N. U., Joshi, J. T., Johnson, S. K., & Bhattarai, R. R. (2025). Towards functional food development: Impact of extrusion cooking on phenolic compounds and antinutrients in sorghum and millets. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi:10.1080/10408398.2025.2609733
- Suarni. (2012). Potensi sorgum sebagai bahan pangan fungsional. *Iptek Tanaman Pangan*, 7(1), 58–66.
- Sushma, N., Kavithamani, D., Kumari. B. M., Sudha, A., & Meenakshi, P. (2025). Advancements in abiotic stress resistance in sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Integrating genomics, breeding and agronomic innovation. *Plant Science Today*, 12(sp4). <https://doi.org/10.14719/pst.11252>
- Susilawati, Surdianto, Y., Erythrina, Bhermana, A., Liana, T., Syafruddin, ... Taufik, E. N. (2023). Strategic, economic, and potency assessment of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) development in the tidal swamplands of Central Kalimantan, Indonesia. *Agronomy*, 13(10), 2559. doi:10.3390/agronomy13102559
- Tanwar, R., Panghal, A., Chaudhary, G., Kumari, A., & Chhikara, N. (2023). Nutritional, phytochemical and functional potential of sorghum: A review. *Food Chemistry Advances*, 3, 100501. doi:10.1016/j.focha.2023.100501
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. doi:10.7326/M18-0850
- Wibowo, A. A., & Meylani, V. (2024). Modeling climate change impacts under future CCM3 scenario on sorghum (*Sorghum bicolor*) as a drought resilient crop in tropical arid Lombok Island, Indonesia. *International Journal of Tropical Drylands*, 8, 35–43. doi:10.13057/tropdrylands/t080105
- Widodo, S., Triastono, J., Sahara, D., Pustika, A., Kristamtini, Purwaningsih, H., ... Muslimin. (2023). Economic value, farmers perception, and strategic development of sorghum in Central Java and Yogyakarta, Indonesia. *Agriculture*, 13(3), 516. doi:10.3390/agriculture13030516
- Winarti, C., Widaningrum, Widayanti, S. M., Setyawan, N., Qanytah, Juniawati, ... Widowati, S. (2023). Nutrient composition of Indonesian specialty cereals: Rice, corn, and sorghum as alternatives to combat malnutrition. *Preventive Nutrition and Food Science*, 28(4), 471–480. doi:10.3746/pnf.2023.28.4.471

- Xu, J., Wang, W., & Zhao, Y. (2021). Phenolic compounds in whole grain sorghum and their health benefits. *Foods*, 10(8), 1921. doi:10.3390/foods10081921
- Zheng, M., Tutar, H., Shaghaleh, H., Hamoud, Y. A., Er, H., Omac, B., Yildirim, G., Eren, Ö., Khalifa, M., & Mwamahonje, A. (2025). Assessing the impact of climate change on the sustainability of sorghum production: A bibliometric analysis. *Sustainable Development*, 34(S2), 1374–1391. <https://doi.org/10.1002/sd.70397>