

ANALISIS SIFAT KIMIA TEPUNG DAN PATI SORGUM DARI VARIETAS BIOGUMA DAN LOKAL DI PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR, INDONESIA

Adnan Nur Avif^{1*}, Aptika Oktaviana TD¹

¹Program Studi Farmasi, Politeknik Indonusa Surakarta, Surakarta, Indonesia

*Email: adnan@poltekindonusa.ac.id

ABSTRACT

Sorghum is a cereal that thrives in arid areas. In Indonesia, sorghum has been cultivated in several regions, but the quantity is still limited. The objective of this study was to determine the chemical properties of Bioguma sorghum developed by the Ministry of Agriculture where is grown in Nusa Tenggara Timur compared to local varieties of red sorghum. Sorghum flour and starch were analyzed for crude protein, water, ash, fat, and crudes fiber, starch and its components, and mineral profiles (calcium, iron, and zinc). Statistical analysis showed significant differences in nutrient composition in the flour and starch of Bioguma sorghum and red sorghum. The amylose content in flour affects the swelling and solubility of sorghum.

Keywords: Sorghum, amilose, solubillity indeks, Nusa Tenggara Timur.

PENDAHULUAN

Sorghum merupakan komoditas serelia terbesar ke-5 di dunia (Taylor dan Duodu, 2019), namun di Indonesia sorghum belum dikenal secara luas, popularitas sorghum masih jauh tertinggal dibandingkan serelia lain. Sorghum di Indonesia dikenal dengan berbagai macam nama (Heyne, 1987). Sorghum dapat tumbuh pada lahan kritis dengan sedikit air (Sirappa, 2003). sentra pertanian sorghum masih terpusat di pulau Jawa dan nusa tenggara dengan produksi yang masih sedikit dibandingkan beras dan jagung (Subagio dan Aqil, 2013)

Sorghum merupakan sumber makanan yang bebas gluten, serta memiliki sifat antioksidan, dan indeks glikemik yang rendah, sehingga aman bila dikonsumsi oleh penderita diabetes (Taylor dan Duodu, 2019). Sorghum juga kaya akan mikronutrien, termasuk mineral dan vitamin, dan makronutrien, di antaranya karbohidrat, protein, dan lemak. sorghum dianggap sebagai sumber senyawa fenolik yang baik, kandungan senyawa fenolik dalam sorghum dipengaruhi oleh jenis dan tingkat dengan genotipe yang berbeda dan termasuk asam fenolat (Przybylska-Balcerek dkk., 2020) penelitian yang dilakukan oleh Dykes dan Rooney, (2006) menunjukkan bahwa sorghum varietas berwarna memiliki kadar antioksidan yang tinggi yang sebanding dengan buah dan sayuran. Sorghum juga memiliki sifat daya cerna yang lambat, penurun kolesterol, antioksidan, anti-inflamasi, dan sifat anti-karsinogenik (Kaur dkk., 2014)

Pemerintah melalui kementerian pertanian telah mengembangkan berbagai varietas sorgum baru dengan berbagai keunggulan (Balitbangtan, 2019). Pengembangan dan penggunaan genotipe sorgum yang tahan iklim dengan beragam kandungan senyawa pendukung kesehatan dalam biji-bijiannya sangat penting untuk melindungi dari krisis pangan nasional dan malnutrisi. Selain itu, pemahaman tentang kandungan nutrisi dan manfaatnya bagi kesehatan dari varietas sorgum yang telah dikembangkan dapat meningkatkan kesehatan hewan dan manusia. Namun, informasi tentang komposisi nutrisi dari sorgum unggul hasil pengembangan masih langka. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat kimia dan fisika-kimia pati dan tepung sorgum. Temuan dari penelitian tersebut akan mengarah pada peningkatan kualitas tepung sorgum untuk digunakan dalam berbagai produk pangan

METODE PENELITIAN

Bahan

Biji sorgum diperoleh dari kabupaten Malaka, Nusa Tenggara Timur sorgum putih merupakan jenis Bioguma sedangkan sorgum merah merupakan varietas lokal. Biji sorgum yang diperoleh dilakukan proses penyosohan untuk menghilangkan kulit dari sorgum. Semua reagen diperoleh dari MERCK dan SIGMA dengan tingkat pro analisis.

Pembuatan Pati Dan Tepung Sorgum

Pati sorgum di ekstrak menggunakan metode perendaman basa. Sebanyak 100 gram sorgum direndam ke dalam larutan NaOH 0,25% sebanyak 500 mL pada temperatur 50 °C selama 24 jam disertai dengan pengadukan. Biji sorgum dicuci hingga netral dengan air, kemudian diblender (Waring 8010) dan disaring (100 mesh). Bubur sorgum yang didapatkan di sentrifugasi (3000 rpm 30 menit), endapan putih yang berada di dasar tabung sentrifugasi kemudian diambil dan dikumpulkan. Endapan pati yang diperoleh dikeringkan pada temperatur 40 °C selama 24 jam. Dalam artikel ini Pati sorgum merah diberi kode (PSM) dan pati sorgum putih (PSP) Tepung sorgum diperoleh dari hasil penggilingan basah biji sorgum menggunakan blender (Waring 8010) kemudian disaring (100 mesh) bagian yang tidak lolos penyaringan dilakukan penghalusan ulang. Tepung hasil penyaringan yang diperoleh dari sorgum merah (TSM) dan tepung sorgum putih (TSP) di oven pada temperatur 40 °C selama 24 jam.

Analisis proksimat

Analisis proksimat yang dilakukan pada pati dan tepung sorgum meliputi: penentuan kadar air dengan metode termogravimetri, kadar abu dengan metode pengabuan, kadar protein

total dengan metode mikro-kjeldahl, kadar lemak total menggunakan metode soklet dan kadar serat kasar dengan metode ekstraksi asam basa (SNI-01-2891-1992)

Analisis kadar pati

Penentuan kadar pati dilakukan dengan metode (Nelson, 1944) dengan sedikit modifikasi sampel dilarutkan dengan HCl 25% kemudian dipanaskan dengan penangas air selama 2 jam. Saring dan netralkan dengan NaOH, ambil 1 ml larutan tambahkan reagen Nilson C (Campuran reagen Nelson A dan B). Kemudian larutan dipanaskan di atas waterbath 20 menit. Setelah dingin ditambahkan larutan arsenomolibdat kemudian dilakukan pengukuran serapan menggunakan spektrofotometer (Shimadzu UV-1800) pada panjang gelombang 540 nm. Sebagai standar digunakan glukosa (merck). Kadar pati dihitung sebagai kadar glukosa x 0,9

Penentuan kadar amilosa dan amilopektin

Penentuan kadar amilosa dilakukan dengan cara hidrolisis sampel dengan larutan basa kemudian direaksikan dengan asam asetat dan I₂ sehingga menghasilkan warna biru dan diukur serapannya menggunakan spektrofotometer (Shimadzu UV-1800) pada panjang gelombang 620 nm. Sebagai standar digunakan amilosa kentang murni (merck) (Aliawati, 2003). Kadar amilopektin ditentukan dengan metode *by difference* (Apriyantono dkk., 1989)

Penentuan kadar besi, tembaga dan seng

Penentuan kadar Fe, Cu dan Zn menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometry* melalui pengabuan kering (Jorhem dkk., 2000). Sampel tepung dan pati sorgum dikeringkan dan kemudian dilakukan pengabuan pada suhu 450 °C dengan peningkatan suhu secara bertahap. HCl 6M ditambahkan ke dalam abu, dan larutan tersebut diuapkan hingga kering. Residu yang tersisa dilarutkan dalam 0,1M HNO₃, dan analit ditentukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (Agilent 240FS AA).

Kemampuan mengembang dan Indeks kelarutan

Penentuan kemampuan mengembang mengikuti prosedur dari (Ali dan Hasnain, 2014) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 100 mg sampel kering dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi dan tambahkan 100 mL akuades. Campuran tersebut dipanaskan masing-masing pada temperatur 50, 70 dan 90 °C selama 30 menit. Sampel yang telah dipanaskan didinginkan hingga temperatur kamar, kemudian dilakukan pemisahan dengan air melalui sentrifugasi (Gemmy PLC-05) 2500 rpm selama 20 menit. Endapan yang diperoleh dipisahkan dari air kemudian ditimbang untuk menentukan kemampuan pengembangan. Indeks kelarutan air

ditentukan dengan metode (Boudries dkk., 2009) dengan sedikit modifikasi. Endapan yang diperoleh dari proses penentuan kemampuan mengembang dipanaskan dengan oven pada temperatur 105 °C selama 24 jam kemudian timbang. Indeks kelarutan air adalah rasio supernatan bahan kering terhadap sampel pati kering sedangkan daya kembang adalah rasio sedimen pati terhadap sampel kering.

Rancangan Penelitian

Seluruh pengujian dilakukan tiga kali pengulangan. *Statistical package for social sciences* (SPSS) 16.0 untuk Windows digunakan untuk menganalisis data. Karakteristik dari seluruh dianalisis menggunakan *independent sample t-test* dengan taraf signifikansi 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kandungan air, abu, lemak, protein dan serat kasar pada sampel tepung dan pati sorgum ditunjukkan oleh Tabel.1. Analisis kadar air dalam tepung dan pati sorgum diperoleh hasil antara 9,19 – 10,81% terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar air pati dan tepung sorgum, perbedaan kadar air tersebut dapat terjadi dikarenakan pada proses ekstraksi pati, pati yang diperoleh memiliki ukuran partikel yang lebih kecil daripada tepung sorgum, sehingga dimungkinkan masih terdapat zat lain yang terperangkap dalam partikel tepung sorgum. Penelitian yang dilakukan oleh Udachan dkk, (2012) kadar air dalam pati sorgum lokal yang ditanam di India sebesar 8,10-9,99%.

Tabel 1. Hasil Analisis Proksimat

Kode	Air (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Abu (%)	Serat Kasar (%)
TSP	10,81 ± 0,519	9,49 ± 0,386	3,52 ± 0,232	1,49 ± 0,045	2,72 ± 0,352
TSM	10,06 ± 0,049	10,84 ± 0,215	2,67 ± 0,584	2,03 ± 0,055	2,48 ± 0,090
PSP	9,19 ± 0,216	1,33 ± 0,091	1,26 ± 0,157	0,79 ± 0,142	0,18 ± 0,032
PSM	9,72 ± 0,159	1,82 ± 0,136	1,81 ± 0,131	0,97 ± 0,105	0,21 ± 0,023

Kadar abu tertinggi diperoleh dari tepung sorgum merah dengan kadar 2,03% sedangkan kadar abu terkecil dimiliki oleh pati sorgum putih yaitu sebesar 0,80%. Perbedaan antara kadar abu pada pati dan tepung cukup besar dimungkinkan karena banyak terdapat residu baik berupa logam maupun zat lain yang terdapat dalam tepung sorgum merah.

Protein dalam tepung sorgum berkisar antara 10,84 - 9,49% dibandingkan dengan protein yang terdapat dalam pati sorgum merah dan putih yang hanya sebesar 1,82% dan 1,33%. Perbedaan tersebut dikarenakan pada saat proses pengolahan pati sorgum hanya diambil pati sorgum yang mengendap dan berwarna putih sedangkan protein terdapat dalam bagian

yang berwarna kecoklatan. Protein dalam biji sorgum dari berbagai varietas yang dikembangkan di Afrika, Eropa dan Asia antara 10,3-19,3 % (Hill et al., 2012). Hasil yang sama dijumpai dalam penelitian yang dilakukan oleh Olayinka dkk (2011) bahwa protein yang terdapat pada pati sorgum merah lebih tinggi dari pada protein dalam pati sorgum putih

Serat kasar terdiri atas selulosa, lignin dan hemiselulosa. Serat kasar pada tepung sorgum berkisar antara 2,48-2,72% sedangkan pada pati sorgum terdapat 0,18-0,21%. Pada umumnya kadar serat kasar pada pati lebih rendah dibandingkan serat kasar pada tepung. Penelitian yang telah dilakukan oleh (Mohapatra et al., 2019) didapatkan hasil bahwa serat kasar pada tepung sorgum berkisar antara 2,76-3,96 %.

Secara umum kadar lemak dalam pati lebih rendah daripada kadar lemak dalam tepung, hal ini dapat terjadi dikarenakan pada proses pembuatan pati dilakukan pencucian dengan basa dan disertai dengan pemanasan yang memungkinkan lemak yang terdapat pada sorgum berkurang. Lemak yang terdapat pada tepung akan mempengaruhi masa simpan dari tepung, semakin rendah lemak maka masa simpannya akan semakin baik (Shobana et al., 2013).

Secara umum kandungan air, protein, abu, lemak, serat kasar dalam tepung sorgum lebih tinggi dari pada ekstrak pati sorgum. Tingginya kandungan komposisi utama tersebut dapat disebabkan karena pada proses pembuatan tepung sorgum semua bagian biji sorgum tersosoh terikut dalam sampel sedangkan pada ekstrak pati hanya pati saja yang ikut dianalisis. Komponen non-pati yang rendah dari pati sorgum dapat meningkatkan nilai sorgum dalam beberapa aplikasi industri dan kandungan proteinnya yang rendah membuatnya bernilai dalam produksi sirup. Namun kandungan air yang cukup tinggi dapat menyebabkan pati berubah warna akibat tumbuhnya mikrobia terutama jika kandungan air melebihi 18% (Olayinka et al., 2011)

Tabel 2. Kadar Pati, Amilosa dan Amilopektin

Kode	pati (%)	amilosa (%)	amilopektin (%)
TSP	65,86 ± 1,211	19,59 ± 0,619	46,27 ± 1,438
TSM	51,32 ± 1,683	17,34 ± 0,545	33,98 ± 2,483
PSP	66,39 ± 0,863	23,16 ± 0,256	33,82 ± 1,181
PSM	56,98 ± 1,020	20,34 ± 0,587	46,05 ± 0,318

Pati dalam tepung dan ekstrak pati terdiri atas amilosa dan amilopektin yang jumlahnya dapat diamati pada Tabel.2. Amilosa merupakan fraksi lurus dalam pati sedangkan fraksi bercabang berupa amilopektin. Kadar amilosa dan amilopektin dalam sebuah tepung berperan besar dalam proses gelatinisasi, retrogradasi dan karakteristik dari pasta pati. Kandungan

amilosa baik dari tepung maupun pati dari kedua jenis sorgum menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kadar amilosa pada pati hasil ekstraksi dari tepung sorgum memberikan nilai amilosa yang lebih tinggi dibandingkan dengan amilosa pada tepung dari kedua jenis sorgum. kandungan amilosa tertinggi sebesar 23,16% ditemukan dalam pati sorgum putih. Pati sorgum merah mengandung 20,37% amilosa. Kadar amilosa terendah diperoleh dari tepung sorgum merah yaitu sebesar 17,34% sedangkan amilopektin pada tepung pati putih sebesar 46,27%. Penelitian yang dilakukan oleh Sitanggang dkk (2018) menunjukkan bahwa kadar amilosa dalam pati sorgum jenis Numbu dan Genjah sebesar 18% dan 22%. Hasil amilosa dalam tepung sorgum pada berbagai varietas di India dilaporkan oleh Ahmed dkk (2016) didapatkan kadar amilosa dalam pati sorgum antara 24-36%. Menurut laporan dari Taylor & Duodu (2019) berdasarkan pengujian dari 160 genotipe sorgum didapatkan nilai rata-rata kandungan amilosa sebesar 26,9% dalam penelitian laporan tersebut dijelaskan bahwa kandungan amilosa pati sorgum putih lokal tidak terlalu dipengaruhi oleh suhu kematangan yang tinggi berbeda dengan pati sorgum lokal berpigmen.

Komposisi dari kalsium, besi dan seng ditunjukkan pada Tabel 3. Kalsium merupakan nutrisi makro yang terdapat dalam sorgum, jumlah kalsium dalam tepung sorgum lebih besar dari pada pati sorgum. Penelitian yang dilakukan oleh Pontieri dkk (2014) kandungan kalsium pada sorgum antara 233.84 hingga 411.83 mg/kg pada sampel sorgum yang ditanam di daerah Mediterania. Kalsium merupakan salah satu mineral yang diperlukan tubuh untuk menjaga kekuatan tulang dan gigi. Dalam tubuh manusia tersusun atar 2,3% kalsium. Kalsium sangat penting dalam kontraksi otot, pembekuan darah, impuls saraf, transmisi, pengaturan detak jantung dan keseimbangan cairan di dalam sel. Kalsium merupakan mineral yang sangat penting selama masa pertumbuhan seperti masa kanak-kanak, kehamilan, dan saat menyusui. Kekurangan kalsium dalam jangka panjang dapat menyebabkan osteoporosis di mana kerusakan tulang dan peningkatan patah tulang (Allen dkk., 2006).

Tabel 3. Kadar Besi, Tembaga dan Seng

Kode	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
TSP	275,97 ± 8,091	46,2 ± 4,003	22,89 ± 1,130
TSM	295,81 ± 9,233	51,31 ± 2,626	23,72 ± 1,575
PSP	95,45 ± 4,151	14,29 ± 0,926	17,56 ± 1,121
PSM	84,73 ± 5,931	22,35 ± 1, 849	15,19 ± 1,201

Dalam Tabel 3 diketahui bahwa jumlah besi relatif lebih kecil dibandingkan kalsium pada semua sampel. Jumlah besi dalam sorgum merah lebih banyak dari pada sorgum putih

baik tepung maupun pati. Pada penelitian yang dilakukan oleh Paiva dkk. (2017) kandungan besi pada berbagai varietas sorgum merah dan putih yang ditanam di Amerika adalah sebesar 19.54–54.57 mg/kg. Besi (Fe) merupakan salah satu unsur utama dalam pembentukan hemoglobin dan mioglobin. Kekurangan mineral besi dalam tubuh dapat menyebabkan anemia, gangguan mental, kemampuan kognitif pada anak-anak, kualitas kehamilan yang buruk, dan kapasitas kerja yang lebih rendah pada orang dewasa (Derbyshire dkk., 2010).

Jumlah seng dalam sampel antara 13,84 - 23,72 mg/Kg. Jumlah seng dalam pati sorgum yang di tanam di Ethiopia antara 13,5 hingga 34,67 mg/kg (Shegro dkk., 2012). Seng (Zn) berkontribusi sebagai agen pereduksi seng bisa dengan mudah membentuk kompleks dengan senyawa lain termasuk karbonat, fosfat, sulfat, oksalat. Fungsi penting seng adalah sebagai kofaktor bagi lebih dari 70 enzim. Kekurangan mineral Zn menempati peringkat lima besar faktor risiko penyakit dan kematian di negara berkembang (World Health Organization, 2002). Kekurangan seng menyebabkan dermatitis, retardasi pertumbuhan, diare, gangguan mental, dan infeksi berulang. Kekurangan ini umumnya berkaitan dengan konsumsi makanan dengan seng rendah. Kekurangan zat besi dan seng merupakan gangguan nutrisi yang umum, dan merupakan masalah kesehatan dunia, terutama di negara berkembang dan berpenghasilan rendah (Allen dkk., 2006)

Tabel 4. Daya kembang

Kode	Swelling (g/g)		
	50 (°C)	70 (°C)	90 (°C)
TSP	2,30 ± 0,166	8,44 ± 0,514	16,82 ± 0,361
TSM	2,70 ± 0,327	9,03 ± 0,176	16,17 ± 0,776
PSP	3,26 ± 0,157	9,03 ± 0,078	21,43 ± 1,050
PSM	2,38 ± 0,329	9,09 ± 0,633	20,48 ± 0,949

Daya kembang dari sebuah materi dikaitkan dengan kekuatan dan karakter dari jaringan misel dalam butiran pati atau tepung. Bila pati atau tepung dimasukkan ke dalam air maka air tersebut akan terserap oleh pati sehingga volume dari pati tersebut akan mengembang. Pada proses tersebut terjadi ikatan hidrogen antar molekul pati. Daya kembang dan indeks kelarutan air ditunjukkan pada Tabel 4 dapat diamati pada tabel tersebut terdapat perbedaan signifikan pada sampel tepung dan pati baik sorgum merah atau putih. Secara umum sampel berupa pati memiliki kadar daya kembang yang lebih tinggi dari pada tepung, fenomena tersebut dimungkinkan karena partikel dari pati lebih kecil dari pada tepung sehingga pati dapat lebih banyak mengikat air dibandingkan sampel tepung. Temperatur juga mempengaruhi sifat daya kembang dari sampel. Semakin tinggi temperatur maka daya kembang dari semua sampel juga akan meningkat. Pada saat temperatur ditingkatkan molekul pati bergerak semakin cepat

sehingga dapat memutuskan ikatan antar molekul pati dan menghasilkan situs hidrogen yang dapat berikatan dengan air, sehingga lebih banyak molekul air yang dapat diikat oleh pati (Udachan dkk., 2012). Perbedaan daya kembang dari sampel tepung dan pati disebabkan karena kandungan amilosa dan lemak sampel. Menurut Boudries dkk. (2009) amilosa akan menghambat daya kembang dari sebuah sampel apalagi jika sampel tersebut berlemak.

Tabel 5. Nilai Indeks kelarutan

Kode	Indeks Kelarutan (%)		
	50 (°C)	70 (°C)	90 (°C)
TSP	3,40 ± 0,435	10,80 ± 0,899	23,34 ± 0,969
TSM	3,23 ± 0,197	10,47 ± 0,485	25,13 ± 0,853
PSP	2,04 ± 0,514	8,45 ± 0,315	19,04 ± 0,079
PSM	1,72 ± 0,241	7,37 ± 0,159	18,04 ± 0,448

Berdasarkan data dalam Tabel 5 dapat diamati bahwa indeks kelarutan tepung sorgum dalam air relatif lebih tinggi dari pada pati sorgum. Tingkat kelarutan dari tepung dan pati disebabkan oleh perbedaan kandungan amilosa dalam sampel. Menurut Zhu (2014) bagian terlarut dari granul merupakan amilosa dan sampel sorgum yang memiliki kadar amilosa lebih rendah memiliki daya larut yang lebih besar. Semakin tinggi temperatur, daya larut dari amilosa juga semakin tinggi. penelitian pada pati jagung yang dilakukan oleh Pan dan Jane (2000) diketahui bahwa amilosa tersebar secara merata di antara amilopektin dan kandungan amilosa lebih terkonsentrasi pada kulit luar granul dari pada di inti. Amilosa lebih banyak terdistribusi pada bagian amorf dari granul pati, sehingga lebih mudah untuk terlepas selama proses hidrasi, sedangkan amilopektin berukuran cukup besar dan banyak terdapat pada bagian kristalin sehingga kelarutannya amilopektin menjadi rendah (Zhu, 2014)

KESIMPULAN

Telah diamati sifat dari tepung sorgum dan pati menurut komposisi kimianya, daya kembang, dan indeks kelarutan. Berdasarkan hasil yang didapat diketahui bahwa tepung dan pati dari sorgum putih dan merah memiliki karakter yang berbeda. Sifat dari tepung dan pati sorgum dipengaruhi oleh berbagai faktor di antaranya protein, amilosa dan pektin. Tepung dan pati dari sorgum dengan jenis yang berbeda memiliki sifat yang berbeda pula. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan untuk memodifikasi atau memperbaiki tepung dan pati sorgum untuk menggantikan atau menggantikan tepung terigu dan pati pada produk bebas gluten.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A. M., Zhang, C., dan Liu, Q. (2016). Comparison of Physicochemical Characteristics of Starch Isolated from Sweet and Grain Sorghum. *Journal of Chemistry*, 2016.
- Ali, T. M., dan Hasnain, A. (2014). Morphological, physicochemical, and pasting properties of modified white sorghum (sorghum bicolor) starch. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 523–535.
- Aliawati, G. (2003). Teknik Analisis Kadar Amilosa Dalam Beras. *Buletin Teknik Pertanian*, 8(2), 82–84.
- Allen, L., Benoist, B. de, Dary, O., dan Hurrell, R. (2006). *Guidelines on Food Fortification with Micronutrients*. World Health Organization, Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, ni luh, Sedarnawati, dan Budiyanto, S. (1989). *analisis pangan*. Institut Pertanian Bogor (IPB Press).
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2019). *Balitbangtan Hasilkan Varietas Unggul Baru Sorghum Bioguma, Ini Kelebihannya*. <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/3573/>
- Badan Standarisasi Nasional. (1992). *Cara uji makanan dan minuman* (No. 01-2891–1992).
- Boudries, N., Belhaneche, N., Nadjemi, B., Deroanne, C., Mathlouthi, M., Roger, B., dan Sindic, M. (2009). Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. *Carbohydrate Polymers*, 78(3), 475–480.
- Derbyshire, E., Brennan, C. S., Li, W., dan Bokhari, F. (2010). Iron deficiency - is there a role for the food industry? *International Journal of Food Science and Technology*, 45(12), 2443–2448.
- Dykes, L., & Rooney, L. W. (2006). Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 44(3), 236–251.
- Heyne, K. (1987). *tumbuhan berguna di Indonesia*. Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan.
- Hill, H., Slade Lee, L., dan Henry, R. J. (2012). Variation in sorghum starch synthesis genes associated with differences in starch phenotype. *Food Chemistry*, 131(1), 175–183.
- Jorhem, L., Afthan, G., Cumont, G., Dypdahl, H. P., Gadd, K., Havre, G. N., Julshamn, K., Lind, B., Loimaranta, J., Merseburg, M., Olsson, A., Piepponen, S., Upstad, B. J., Waaler, T., dan Winnerstam, L. (2000). Spectrometry after Dry Ashing : NMKL Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, 83(5), 1204–1211.
- Kaur, K. D., Jha, A., Sabikhi, L., dan Singh, A. K. (2014). Significance of coarse cereals in health and nutrition: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1429–1441.
- Mohapatra, D., Patel, A. S., Kar, A., Deshpande, S. S., dan Tripathi, M. K. (2019). Effect of

- different processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, anti-nutrients and amino acid profile of grain sorghum. *Food Chemistry*, 271(November 2017), 129–135.
- Nelson, N. (1944). a photometric adaption of the somyogi method for the determination of glucose. *The Journal of Biological Chemistry*, 153, 375–380.
- Olayinka, O. O., Olu-Owolabi, B. I., dan Adebowale, K. O. (2011). Effect of succinylation on the physicochemical, rheological, thermal and retrogradation properties of red and white sorghum starches. *Food Hydrocolloids*, 25(3), 515–520.
- Paiva, C. L., Queiroz, V. A. V., Simeone, M. L. F., Schaffert, R. E., de Oliveira, A. C., dan da Silva, C. S. (2017). Mineral content of sorghum genotypes and the influence of water stress. *Food Chemistry*, 214, 400–405.
- Pan, D., dan Jane, J. L. (2000). Internal structure of normal maize starch granules revealed by chemical surface gelatinization. *Biomacromolecules*, 1(1), 126–132.
- Pontieri, P., Troisi, J., Di Fiore, R., Di Maro, A., Bean, S. R., Tuinstra, M. R., Roemer, E., Boffa, A., Del Giudice, A., Pizzolante, G., Alifano, P., dan Del Giudice, L. (2014). Mineral contents in grains of seven food-grade sorghum hybrids grown in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Crop Science*, 8(11), 1550–1559.
- Przybylska-Balcerek, A., Frankowski, J., dan Stuper-Szablewska, K. (2020). The influence of weather conditions on bioactive compound content in sorghum grain. *European Food Research and Technology*, 246(1), 13–22.
- Shegro, A., Shargie, N. G., van Biljon, A., dan Labuschagne, M. T. (2012). Diversity in starch, protein and mineral composition of sorghum landrace accessions from Ethiopia. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 15(4), 275–280.
- Shobana, S., Krishnaswamy, K., Sudha, V., Malleshi, N. G., Anjana, R. M., Palaniappan, L., dan Mohan, V. (2013). Finger Millet (Ragi, Eleusine coracana L.): A Review of Its Nutritional Properties, Processing, and Plausible Health Benefits S. *Advances In Food And Nutrition Research*, 69(9), 1–39.
- Sirappa, M. P. (2003). Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(4), 133–140.
- Sitanggang, A. B., Budijanto, S., dan Marisa. (2018). Physicochemical characteristics of starch from Indonesian Numbu and Genjah sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Cogent Food & Agriculture*, 4(1).
- Subagio, H., dan Aqil, M. (2013). Pengembangan Produksi Sorgum Di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*, 199–214.
- Taylor, J. R. N., dan Duodu, K. G. (2019). *Sorghum and millets: chemistry, technology, and nutritional attributes*. Woodhead Publishing : AACC International.
- Udachan, I. S., Sahoo, A. K., dan Hend, G. M. (2012). Extraction and characterization of sorghum (*sorghum bicolor* L. moench) starch. *International Food Research Journal*,

19(1), 315–319.

World Health Organization. (2002). The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy life. In *World Health Organization*.

Zhu, F. (2014). Structure, physicochemical properties, modifications, and uses of sorghum starch. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 597–610.