

PERANAN SIFAT FISIKOKIMIA SORGUM DALAM DIVERSIFIKASI PANGAN DAN INDUSTRI SERTA PROSPEK PENGEMBANGANNYA

Role of Sorghum Physicochemical Properties in Food Diversification and Industry and Its Development Prospect

Suarni

Balai Penelitian Tanaman Serealia

Jalan Dr. Ratulangi 274, Kotak Pos 173, Maros 90514, Indonesia

Telp. (0411) 371529, Faks. (0411) 371961

E-mail: balitsereal@litbang.pertanian.go.id, balitsereal@yahoo.com; aaniyahya@yahoo.com

Diterima: 21 Oktober 2015; Direvisi: 11 Juli 2016; Disetujui: 25 Juli 2016

ABSTRAK

Pemanfaatan sorgum untuk pangan dan industri dari bahan setengah jadi (sorgum sosoh, tepung, dan pati) sebaiknya berlandaskan pada karakter sifat fisikokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap varietas sorgum memiliki sifat fisikokimia dan komponen bioaktif fungsional yang berbeda. Informasi ini dapat menjadi pertimbangan awal dalam memilih varietas sorgum sesuai dengan produk yang diinginkan. Berbagai inovasi teknologi produk pangan dan industri berbasis sorgum, termasuk gula cair dan bioetanol dari batang sorgum manis telah dihasilkan. Untuk mempromosikan sorgum sebagai bahan diversifikasi pangan dan industri yang prospektif, diperlukan dukungan riset, iptek, dan kebijakan. Tersedianya varietas unggul sorgum, yang didukung dengan inovasi teknologi pengolahan pangan dan industri yang memadai, menjadikan komoditas ini potensial untuk dikembangkan.

Kata kunci: Sorgum, sifat fisikokimia, diversifikasi pangan, industri

ABSTRACT

Sorghum utilization for foods and industries from semi-finished materials (milled grains, flour, starch) should be based on the character of physicochemical properties. This is supported by results of research that each sorghum variety has physicochemical properties and different functional bioactive compounds. This is a first step for selecting sorghum varieties appropriate with desired products. There are many technology innovations of industry and food products, including liquid sugar and bioethanol from sweet sorghum stem. To promote sorghum as prospective food and industry diversification materials, research support, science and technology, and policy are required. The availability of superior sorghum varieties supported by technological innovation of food processing industry makes it potential commodity to be developed.

Keywords: Sorghum, physicochemical properties, food diversification, industry

PENDAHULUAN

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman pangan penting kelima setelah padi, gandum, jagung, dan barley, dan menjadi makanan utama bagi lebih dari 750 juta orang di daerah tropis beriklim kering di Afrika, India, dan Amerika Latin (FSD 2003; Reddy *et al.* 2007). Di Afrika, biji sorgum dikonsumsi dalam bentuk olahan roti, bubur, minuman, berondong, dan keripik (Dicko *et al.* 2006). Di India, tepung sorgum dibuat roti bahan chapati, yang merupakan makanan pokok masyarakat pedesaan. Di Indonesia, sorgum merupakan tanaman sereal ketiga setelah padi dan jagung. Namun penggunaannya sebagai bahan pangan maupun industri masih terbatas, bahkan menurun tajam seiring ketersediaan beras yang makin mencukupi kebutuhan dengan harga yang relatif murah.

Walaupun potensi sorgum di Indonesia cukup besar dengan beragam varietas, pengembangannya masih lamban karena banyak masalah yang dihadapi, termasuk aspek sosial, budaya, dan psikologis. Beras dianggap sebagai pangan bergengsi, sedangkan sorgum kurang bergengsi (*inferior food*) sehingga masyarakat merasa enggan untuk mengonsumsi nasi sorgum.

Sorghum merupakan bahan pangan pendamping beras yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap jagung, gandum, dan beras. Pada tahun 1950–1960, sorgum sosoh dan tepung sorgum biasa dibuat nasi pengganti beras dan banyak dikonsumsi oleh penduduk di wilayah selatan Pulau Jawa, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, dan sebagian Sulawesi Selatan.

Sorghum mempunyai kandungan gizi dasar yang tidak kalah dibandingkan dengan sereal lain dan mengandung unsur pangan fungsional. Biji sorgum mengandung karbohidrat 73%, lemak 3,5%, dan protein 10%, bergantung pada varietas dan lokasi penanaman (Mudjisihono dan Damardjati 1987; Suarni dan Singgih 2002). Kelemahan sorgum sebagai bahan pangan adalah

kandungan tanin dalam biji. Tanin merupakan senyawa polifenol, dapat membentuk senyawa kompleks dengan protein sehingga menurunkan mutu dan daya cerna protein (Elefatio *et al.* 2005).

Salah satu upaya mempromosikan keunggulan sorgum sebagai bahan pangan adalah dengan memperkenalkan potensi pangan fungsional yang terkandung dalam biji sorgum. Unsur pangan fungsional dalam biji sorgum meliputi beragam antioksidan, unsur mineral terutama besi, serat pangan, oligosakarida, β -glukan termasuk komponen karbohidrat *non-starch polysaccharide* (NSP), dan lainnya. Pangan fungsional bermanfaat untuk mencegah penyakit yang terkait dengan sistem kekebalan tubuh, endokrin, saraf, sistem pencernaan, sistem sirkulasi, dan lain-lain (Soerjodibroto 2004).

Selain sebagai bahan pangan, biji sorgum juga prospektif sebagai bahan pakan, bahan industri gula, dan etanol. Biji, nira batang, dan bagas (ampas perahan nira) sorgum dapat digunakan sebagai bahan baku etanol. Sorgum manis yang batangnya banyak mengandung gula berpotensi sebagai bahan baku gula, bioetanol, dan molase untuk pembuatan monosodium glutamat (Suarni dan Hamdani 2001). Sorgum manis banyak digunakan sebagai pakan ternak. Laju fotosintesis yang tinggi menyebabkan tinggi batang sorgum manis dapat mencapai 5 m sehingga sangat baik untuk pembuatan silase.

Tanaman sorgum memiliki galur/varietas yang sangat banyak, bersifat multifungsi dan *zero waste* karena hampir semua bagian tanaman dapat dimanfaatkan, misalnya sebagai pangan, pakan, dan industri. Sorgum juga memiliki daya adaptasi yang tinggi pada lahan suboptimal atau miskin hara. Hardaning (2001) dan Averous (2004) menginformasikan bahwa kandungan pati sorgum relatif tinggi yang berpeluang menjadi bahan dasar plastik yang dapat terurai secara alami sehingga ramah lingkungan.

Tulisan ini memperkenalkan sorgum sebagai komoditas potensial untuk dikembangkan. Data setiap varietas termasuk karakter sifat fisik, fisikokimia, dan fungsional bioaktifnya sangat penting sebagai dasar dalam pemilihan varietas sesuai produk yang diinginkan, baik untuk pangan maupun industri.

KETERSEDIAAN SORGUM DI INDONESIA

Tanaman sorgum lebih tahan terhadap kekeringan dibandingkan dengan tanaman sereal lainya (Sumarno dan Karsono 1996). Tanaman ini mampu beradaptasi di daerah beriklim tropis-kering sampai beriklim basah sehingga dapat meningkatkan produktivitas lahan kering marginal, lahan tidur, dan lahan nonproduktif lainnya. Budi dayanya mudah dengan biaya yang relatif murah, dapat ditanam monokultur maupun tumpang sari, produktivitasnya tinggi dan dapat diratun (dipanen lebih

dari satu kali dalam sekali tanam). Menurut Setyowati *et al.* (2005), walaupun hasil panen ratun lebih rendah dibandingkan dengan tanaman utama dan daya ratunnya beragam, hasil ratun dapat meningkatkan produksi sorgum. Tanaman sorgum juga lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit sehingga risiko gagal panen relatif kecil (Sumarno dan Karsono 1996; Yasman 2010).

Sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) dapat dijadikan sebagai sumber biomassa, bahan baku gula dan bioetanol, serta cukup potensial dikembangkan di Indonesia (Hamdani *et al.* 1998). Uji ketahanan beberapa varietas sorgum manis terhadap cekaman kekeringan menunjukkan, varietas Numbu mempunyai ketahanan yang lebih tinggi dibanding varietas Kawali dan Sweet (Samanhudi 2010). Sorgum manis bersifat multiguna, sebagai bahan pangan, pakan ternak maupun bahan baku industri, bahan pembuatan gula cair (sirup), *jaggery* (gula cair dipadatkan sejenis gula merah), dan bioetanol.

Pemerintah melalui Badan Usaha Milik Negara (BUMN) berupaya mengembangkan sorgum sebagai bahan pangan, pakan, dan energi alternatif. PTPN XII di Jawa Timur pada tahun 2013 mengembangkan sorgum seluas 1.154 ha dan pada tahun 2014 ditingkatkan menjadi 3.000 ha (Anonim 2013). Dalam upaya meningkatkan produksi sorgum, Badan Litbang Pertanian hingga tahun 2013 telah melepas 17 varietas unggul sorgum (Tabel 1).

Sorgum umumnya diusahakan di lahan tegal pada awal atau akhir musim hujan, sedangkan pada lahan tadah hujan, sorgum umumnya ditanam pada akhir musim kemarau. Luas panen sorgum dalam periode 2005–2011 cenderung menurun, tetapi produktivitas dan produksi meningkat (Tabel 2). Luas panen menurun rata-rata 1,5%/tahun. Peningkatan luas panen terjadi pada tahun 2011.

Peluang peningkatan produksi melalui peningkatan produktivitas masih terbuka karena produktivitas sorgum baru mencapai 60% dari potensi hasil yang dapat dicapai. Penyebab rendahnya produksi sorgum adalah penggunaan benih yang tidak bermutu dan pemeliharaan tanaman yang tidak optimal. Varietas Numbu, Kawali, dan galur harapan Citayam yang dikembangkan di PTPN XII mampu memberi hasil rata-rata 3,6 t/ha.

KOMPONEN ZAT GIZI UTAMA DAN KARAKTER FISIKOKIMIA SORGUM

Data komposisi nutrisi dasar sorgum telah banyak tersedia. Komposisi nutrisi dan tanin beberapa varietas sorgum lokal dan introduksi telah dievaluasi (Tabel 3). Selain karbohidrat yang tinggi, biji sorgum mengandung nutrisi lain yang cukup memadai sebagai bahan pangan. Varietas lokal dari Sulawesi Selatan yakni Batara Tojeng Eja, Batara Tojeng Bae, Jeneponto, dan Manggarai, serta varietas unggul nasional Kawali dan Numbu cocok untuk bahan pangan. Varietas Kawali dan Numbu memiliki kandungan tanin yang rendah sehingga mudah dimanfaatkan untuk olahan pangan. Kandungan tanin

Tabel 1. Varietas sorgum yang dilepas di Indonesia hingga 2013.

Varietas	Tahun pelepasan	Umur panen (hari)	Hasil (t/ha)
Cempaka	Sebelum 1960	105	3,5
Birdproof	Sebelum 1960	105	3,5
Katengu	Sebelum 1960	105	3,0
No. 46	1967	105	4,0
No. 6C	1969	105	4,5
UPCA-S2	1972	105	4,5
UPCA-S1	1972	95	4,0
KD4	1973	95	4,0
Keris	1983	80	3,0
Badik	1985	83	3,0
Hegari Genjah	1985	85	3,7
Mandau	1991	91	4,5
Sangkur	1991	92	3,8
Numbu	2001	100-105	4,0-5,0
Kawali	2001	105-110	4,0-5,0
Super 1	2013	105-110	5,75
Super 2	2013	115-120	6,33

Sumber: Balitsereal (2012).

Tabel 2. Luas panen dan produksi sorgum di Indonesia, 2005>2011.

Tahun	Luas panen (ha)	Produksi (t)	Produktivitas (t/ha)
2005	3.659	6.114	1,67
2006	2.944	5.399	1,83
2007	2.373	4.241	1,79
2008	2.419	4.553	1,88
2009	2.264	6.172	2,73
2010	2.974	5.723	1,92
2011	3.607	7.695	2,13

Sumber: Direktorat Budidaya Serealia (2012).

dalam biji sorgum yang kulitnya berwarna coklat atau gelap cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan yang kulit bijinya putih atau terang.

Salah satu tolak ukur mutu protein adalah komposisi penyusun asam aminonya. Komposisi asam amino sorgum dibandingkan dengan beras dan jagung disajikan pada Tabel 4. Kandungan asam amino esensial termasuk lisin dalam biji sorgum jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jagung dan sedikit lebih tinggi dibanding beras. Demikian juga leusin dan isoleusin, kandungannya relatif tinggi dalam sorgum dibanding dalam beras dan jagung. Secara umum, sorgum kaya akan vitamin B kompleks dengan kadar tiamin, riboflavin, dan niasin yang bervariasi. Sorgum juga mengandung riboflavin yang lebih tinggi dibanding gandum dan beras, namun kadar niasinnya sama dengan beras. Kelebihan lain dari sorgum yaitu kandungan besinya lebih tinggi dibandingkan dengan serealia lainnya (Suarni 2004a).

Pemanfaatan sorgum sebagai sumber pangan fungsional belum banyak dieksplorasi, padahal sorgum berpotensi dikembangkan sebagai sumber pangan

fungsional (Suarni dan Subagio 2013). Sorgum mengandung serat pangan dalam jumlah tinggi, yang dibutuhkan tubuh untuk mencegah penyakit jantung, obesitas, menurunkan hipertensi, menjaga kadar gula darah, dan mencegah kanker usus. Pada penderita penyakit jantung koroner, serat pangan berfungsi mengikat asam empedu sehingga kadar kolesterol darah menurun (Awika dan Rooney 2004).

Beberapa produk pangan fungsional berbasis tepung sorgum telah dihasilkan. Sorgum merupakan bahan sumber serat pangan (*total dietary fiber/TDF*) yang potensial untuk dikembangkan. TDF merupakan gabungan serat larut (*soluble dietary fiber/SDF*) dan serat tidak larut (*insoluble dietary fiber/IDF*) yang berperan aktif masing-masing sebagai antikoolesterol yang mengikat asam empedu dan sebagai antikonstipasi (Johnson dan Southgate 1994; Soerjodibroto 2004). Serat pangan yang larut terutama berfungsi memperlambat pencernaan dalam usus, memberikan rasa kenyang lebih lama, serta memperlambat kemunculan glukosa darah.

Sifat Fisikokimia Sorgum

Untuk memanfaatkan sorgum sebagai bahan pangan dan industri, informasi mengenai karakteristik fisikokimia pati setiap varietas sangatlah penting agar pemilihan varietas sesuai dengan produk yang diinginkan. Pemanfaatan sorgum dalam berbagai produk olahan pada umumnya dalam bentuk tepung. Suarni dan Zakir (2001) telah mengevaluasi sifat fisikokimia tepung sorgum dengan beberapa taraf konsentrasi substitusi tepung terigu. Tingkat substitusi tepung sorgum yang masih dapat ditoleransi maksimum 10% dengan kadar gluten 10,9%, nilai pengendapan 25,8 ml, aktivitas diastatik 394 mg maltosa/10 g tepung, dan kadar amilosa 25,8%.

Tabel 3. Komposisi nutrisi dasar dan tanin beberapa varietas sorgum.

Varietas	Kandungan nutrisi/tanin (%)						
	Air	Abu	Protein	Serat kasar	Lemak	Karbohidrat	Tanin
Span*	12,10	2,71	8,79	2,28	2,01	74,48	0,96
Batara Tojeng Eja	9,91	3,35	9,02	3,92	3,80	73,92	5,60
Batara Tojeng Bae	9,01	3,16	9,17	4,84	3,10	75,56	4,66
Lokal Jeneponto	8,72	2,64	9,35	4,30	3,30	75,99	3,67
Isiap Dorado	9,35	2,62	7,98	2,84	2,36	77,69	1,06
Manggarai/Selayar	12,10	2,82	8,42	3,19	3,02	79,12	1,01
UPCA - S1	11,90	2,28	9,86	4,02	2,12	73,10	0,89
Kawali*	12,14	2,42	8,07	2,59	1,45	75,66	0,82
Numbu*	12,62	2,88	8,12	2,04	1,88	74,50	0,91
Lokal Wajo 1**	11,45	2,18	8,97	3,01	2,96	74,44	2,34
Lokal Wajo 2**	10,44	2,72	9,08	3,15	2,79	74,97	2,12

Sumber: Suarni dan Singgih (2002); *Suarni dan Firmansyah (2005), **Suarni dan Firmansyah (2012).

Tabel 4. Komposisi asam amino (mg/100 g) biji sorgum, jagung, dan beras.

Asam amino	Sorgum	Beras	Jagung-1	Jagung-2
Asam aspartat	480,07	437,23	451,45	435,56
Asam glutamat	438,90	763,35	343,37	643,37
Serin	187,98	346,43	226,11	190,35
Histidin	401,32	598,20	543,23	488,20
Arginin	63,90	314,97	254,22	197,58
Treonin	373,30	316,89	458,17	110,61
Alanin	270,11	321,29	176,49	118,94
Prolin	950,00	275,37	830,73	973,51
Tirosin	1.489,20	590,49	1.035,00	1.048,30
Valin	545,32	581,76	325,83	437,67
Metionin	423,44	471,37	349,80	382,31
Fenilalanin	960,75	957,68	1.008,20	1.578,39
Leusin	347,16	314,05	265,47	243,00
Isoleusin	163,25	57,81	81,60	127,24
Lisin	483,68	476,20	209,93	211,90

Sorgum = varietas Kawali; Beras = varietas Cisadane; Jagung-1 = Lokal Pulut Soppeng; Jagung-2 = Varietas Non-Pulut Soppeng.

Sumber: Suarni (2004a).

Suarni dan Firmansyah (2005) mempelajari sifat fisikokimia dan amilograf (*brabender amylograph*) tepung sorgum varietas Kawali, Numbu, dan Span. Penepungan menggunakan metode basah dengan tahapan proses penyosohan, perendaman, penirisan, penepungan, dan pengeringan dengan sinar matahari hingga kadar air kurang dari 12%. Hasil penelitian sifat fisikokimia dan amilograf tepung sorgum ketiga varietas disajikan pada Tabel 5. Kandungan amilosa tepung termasuk sedang sehingga sesuai untuk substitusi terigu (20–25%). Rasio amilosa dan amilopektin sangat menentukan produk akhir suatu bahan pangan. Sifat amilograf bahan pangan memberikan petunjuk pemilihan varietas sesuai produk yang diinginkan. Awal gelatinisasi membutuhkan waktu 30,5–31 menit dan suhu awal gelatinisasi tepung berkisar antara 72,5–76,5° C (Tabel 6).

Budijanto dan Yulianti (2012) mengevaluasi profil gelatinisasi pati sorgum dengan menggunakan analisis *Rapid Visco Analyzer (RVA)* (Singh *et al.* 2010). Hasilnya menunjukkan bahwa profil gelatinisasi pati dipengaruhi oleh kandungan amilosa (Tabel 7). Kadar amilosa varietas B100 35%, Pahat 29%, Numbu 28,1%, dan Genjah 21,2% dengan suhu gelatinisasi tertinggi pada B100 8,58° C, diikuti Pahat 86,58° C, Numbu 85,70° C, dan Genjah 75,18° C. Demikian pula waktu puncak dipengaruhi oleh kandungan amilosa bahan.

Komposisi amilosa dan amilopektin berpengaruh terhadap profil pati. Ratnayake *et al.* (2002) menyatakan bahwa amilopektin berpengaruh terhadap proses pengembangan granula pati. Amilosa dapat menghambat pengembangan granula pati dengan membentuk kompleks bersama lemak yang menghambat kenaikan viskositas puncak pada suhu *pasting* yang tinggi (Sang *et al.* 2008; Singh *et al.* 2010).

Tabel 5. Sifat fisikokimia dan rendemen tepung sorgum.

Varietas	Daya serap air (%)	Daya serap minyak (%)	Emulsi (%)	Derajat putih	Amilosa (%)	Rendemen tepung (%)	Tekstur
Kawali	15,11	7,35	39,2	91,01	25,79	67,14	Halus
Numbu	15,12	6,06	40,0	82,12	24,96	66,45	Halus
Span	16,12	7,46	36,4	79,91	25,35	72,50	Halus

Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005).

Tabel 6. Sifat amilograf tepung sorgum dari beberapa varietas.

Varietas	Awal gelatinisasi		Granula pati pecah			Viskositas	
	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Viskositas (BU)	Dingin (BU)	Balik (BU)
Kawali	29,5	76,5	42,5	92	360	650	600
Numbu	29,0	74,5	40	93	270	720	640
Span	29,5	72,5	42	92,5	380	650	600

Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005).

Tabel 7. Profil gelatinisasi pati sorgum dari beberapa varietas.

Analisis RVA	Varietas			
	Pahat	B100	Numbu	Genjah
Viskositas puncak (cP)	1.380,00	1.437,50	2.277,00	3.670,50
Viskositas <i>trough</i> (cP)	1.235,50	1.329,50	1.943,50	2.038,00
Viskositas <i>breakdown</i> (cP)	144,50	105,00	333,50	1.630,50
Viskositas akhir (cP)	2.665,50	2.933,50	3.793,00	3.966,50
Viskositas <i>setback</i> (cP)	1.430,00	1.604,00	1.849,50	1.928,50
Waktu puncak (menit)	10,84	10,96	10,10	8,13
Suhu gelatinisasi (°C)	86,58	88,58	85,70	75,48
Amilosa (%)	29,01	35,00	28,14	21,18

Sumber: Budijanto dan Yulianti (2012).

Ukuran dan Bentuk Granula Pati Sorgum

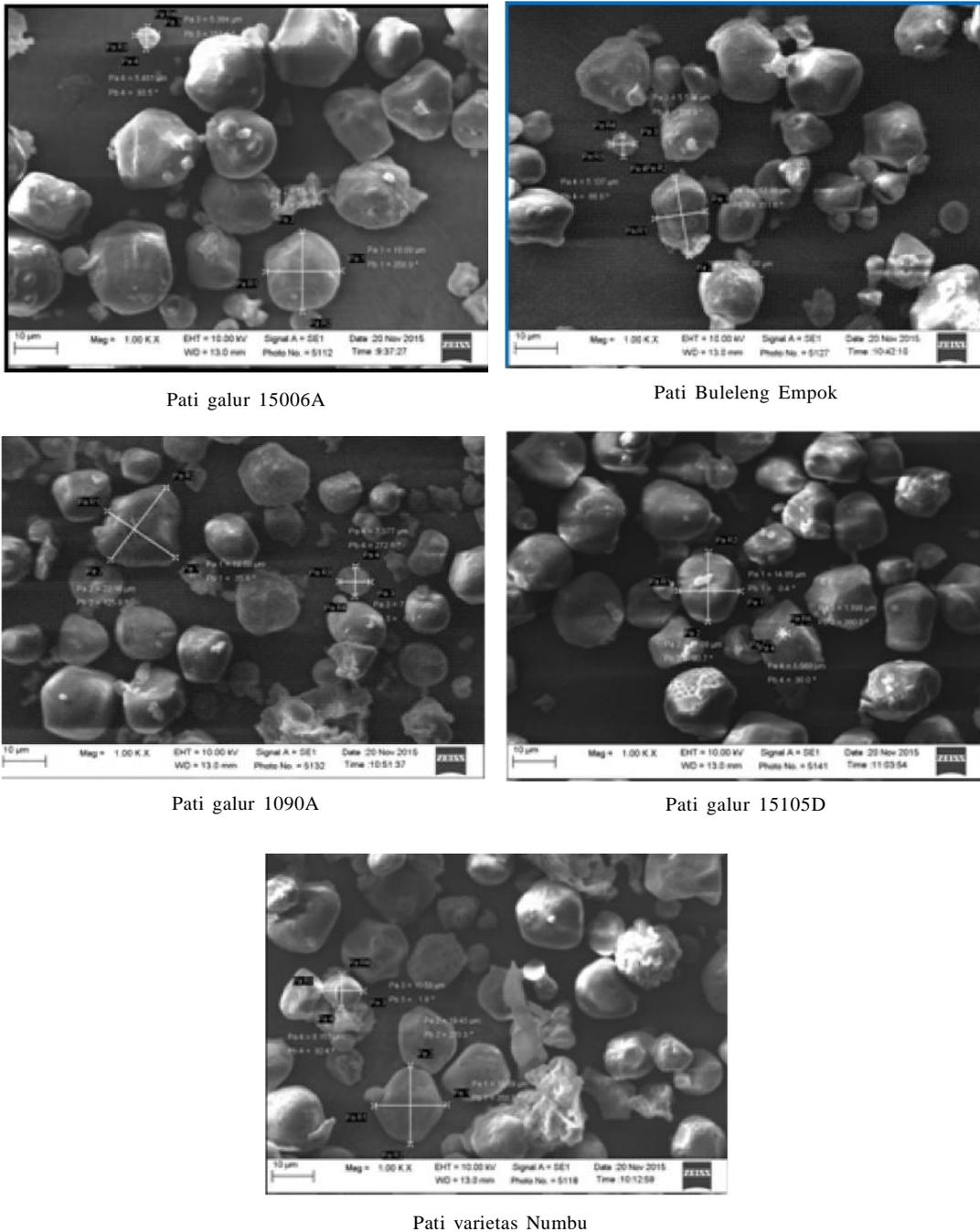
Hasil pemotretan granula pati menggunakan alat *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan bahwa granula pati dari lima varietas sorgum berbentuk poligonal, bulat tidak beraturan dengan permukaan licin (*smooth*) (Gambar 1). Ukuran pati kelima galur/varietas juga bervariasi (Tabel 8).

Pati merupakan bentuk simpanan karbohidrat utama dalam sorgum. Pati terdiri atas dua jenis senyawa polimer glukosa, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polisakarida berantai lurus, berbentuk heliks dengan ikatan glikosidik α -1,4, dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α -1,6. Jumlah molekul glukosa pada rantai amilosa berkisar 250–350 unit (Dziedzic dan Kearsley 1995).

Kadar pati sorgum berkisar antara 56–73%, dengan rata-rata 69,5%. Pati sorgum terdiri atas amilosa (20–30%) dan amilopektin (70–80%), yang dipengaruhi oleh faktor

genetik dan lingkungan (Mudjishono dan Damardjati 1987). Daya cerna pati, yang menunjukkan kemampuan pati dihidrolisis oleh enzim pankreatik, menentukan kandungan energi tersedia pada sereal. Pengolahan biji sorgum seperti pengukusan, pengolahan bertekanan, *flaking*, *puffing*, atau pengecilan ukuran pati akan meningkatkan daya cerna pati sorgum (Suarni 2004b).

Komponen utama biji sorgum adalah pati, diikuti protein. Menurut Soeranto (2016), kandungan gizi dalam sorgum coklat cukup tinggi, namun daya cerna protein dan pati sorgum lebih rendah dibanding sereal yang lain. Rendahnya daya cerna ini, menurut Woo *et al.* (2004) disebabkan oleh resistensi kafirin, protein utama sorgum yang memiliki lebih banyak ikatan inter dan intra disulfida. Pati dalam sorgum dapat membentuk kompleks dengan protein selama proses pemasakan. Sifat reologi kafirin kurang baik dalam proses pengolahan adonan (Kumalarva *et al.* 2004). Informasi mengenai karakter sifat fisik, fisikokimia, dan komponen fungsional sorgum setiap varietas merupakan langkah awal dalam pemanfaatannya



Gambar 1. Ukuran dan bentuk granula beberapa pati sorgum (SEM) 2500x (Suarni *et al.* 2015).

sebagai bahan diversifikasi pangan maupun industri. Rasio amilosa dan amilopektin berperan penting dalam mengarahkan produk pangan dan industri.

Berdasarkan kandungan amilosa, kadar amilosa sejumlah galur/varietas sorgum dikelompokkan menjadi 1) amilosa rendah, 3–15%, 2) amilosa sedang, 16–25%, dan 3) amilosa tinggi, > 26% (Suarni dan Singgih 2002; Suarni dan Firmansyah 2005). Sorgum yang mengandung protein tinggi dapat menjadi bahan pangan dan pakan, tetapi apabila kekerasan bijinya rendah dianjurkan untuk bahan

pakan. Hal tersebut menjadi pertimbangan dalam penyosohan biji menjadi bahan setengah jadi.

Inovasi teknologi diversifikasi pangan sorgum telah tersedia, antara lain tempe sorgum, nasi sorgum instan, bubur sorgum instan, dan olahan substitusi tepung sorgum terhadap terigu (mi instan, *flakes*, roti, *cake*). Tepung sorgum termodifikasi melalui fermentasi dengan ragi dan secara enzimatik dengan α -amilase, merupakan bahan pangan berkualitas berdasarkan sifat fisikokimia, nutrisi, dan komponen pangan fungsional.

Tabel 8. Ukuran granula pati sorgum dari beberapa varietas/galur Maros, 2015.

Galur/varietas	Ukuran (μm)
15006A	5,423–18,535
15105D	1,731–15,965
Buleleng Empok	5,361–15,590
1090A	7,374–20,920
Numbu	9,329–18,760

Sumber: Suarni *et al.* (2015).

PEMANFAATAN SORGUM SEBAGAI BAHAN DIVERSIFIKASI PANGAN DAN INDUSTRI

Teknologi pengolahan sorgum dari biji kering menjadi bahan setengah jadi (sorgum sosoh dan tepung) relatif sederhana, tetapi pengolahan menjadi pati memerlukan perlakuan ekstraksi yang agak rumit. Penyosohan biji sorgum dapat menggunakan alat penyosoh mekanis rancangan Balitsereal (Prastowo *et al.* 1996) atau mesin penyosoh yang dikembangkan BBP Mektan dengan kapasitas 200 kg/jam (Nurhasanah *et al.* 2012).

Pengolahan biji sorgum kering meliputi sortasi, penyosohan, dan penepungan. Biji sorgum varietas Span umumnya cukup keras sehingga biji lebih mudah disosoh dan tidak banyak yang hancur. Kadar air bahan sangat memengaruhi proses penyosohan, dan penyosohan dianjurkan pada kadar air kurang dari 14% (Suardi *et al.* 2002). Penepungan dapat menggunakan dua metode, yaitu metode basah dan kering. Rendemen tepung dengan metode basah lebih tinggi dibandingkan dengan metode kering (Tabel 9). Hal ini karena perendaman dengan

metode basah menyebabkan granula pati, lemak, dan protein mengembang atau berubah strukturnya sehingga biji menjadi lunak dan mudah dibuat tepung, yang pada akhirnya meningkatkan rendemen tepung, teksturnya lebih halus dan kandungan tanin menurun (tidak terukur).

Tanin (polifenol) merupakan senyawa antinutrisi dalam sorgum yang dapat menghambat penyerapan nutrisi, seperti protein dalam proses enzimatis (Winarno 2002). Tjahyadi *et al.* (2011) melakukan penyosohan terhadap sorgum genotipe 1,1 dengan lama penyosohan masing-masing 1 menit, 1,5 menit, dan 2 menit. Komponen gizi sorgum sosoh menurun seiring lamanya penyosohan, baik kadar abu, protein, lemak, maupun serat kasar. Sementara kandungan amilosa tidak mengalami perubahan dengan lama penyosohan.

Penyosohan akan meningkatkan palatabilitas atau cita rasa produk olahan sorgum, namun tahapan ini akan menurunkan sebagian komponen dan sifat fungsional sorgum. Salimi *et al.* (2011) menginformasikan bahwa komponen fungsional serat pangan dalam tepung sorgum varietas Kawali menurun mengikuti derajat sosoh. Komponen serat pangan meliputi serat pangan total, serat pangan larut, serat pangan tidak larut, dan serat β -glukan.

Penyosohan menurunkan nilai gizi karena mengikis lapisan kulit ari yang mengandung komponen gizi, termasuk protein dan lemak. Kadar serat pangan dan β -glukan sorgum cukup tinggi sehingga berpotensi sebagai sumber serat pangan (Salimi *et al.* 2011). Kadar serat pangan sorgum cukup bervariasi, berkisar antara 2–9%. Manfaat serat pangan dalam pencegahan penyakit degeneratif telah banyak dilaporkan (Soerjodibroto 2004). Serat pangan dapat mencegah kanker usus besar dan polip dalam usus besar (*diverticulitis*), juga menurunkan kadar kolesterol dalam darah (Dicko *et al.* 2006).

Tabel 9. Kandungan nutrisi, dan tanin dalam biji dan tepung sorgum.

Komposisi/bahan/ varietas	Air (%)	Abu (% bb)	Lemak (% bb)	Protein (% bb)	Serat kasar (% bb)	Karbohidrat (% bb)	Tanin (% bb)
Kawali							
Biji	12,14	1,42	1,45	8,07	1,59	76,90	1,08
Sosoh	11,22	1,24	1,15	7,95	1,22	78,44	0,65
Tepung							
Metode basah	11,08	1,02	1,04	6,05	1,05	79,80	-
Metode kering	11,02	1,04	1,02	6,84	1,07	79,08	0,35
Numbu							
Biji	12,62	1,88	1,95	8,12	2,04	75,40	0,95
Sosoh	12,08	1,42	1,82	7,85	1,76	76,82	0,52
Tepung							
Metode basah	11,02	1,12	1,25	6,22	1,24	79,39	-
Metode kering	10,99	1,22	1,32	6,55	1,28	78,92	0,29
Span							
Biji	11,99	1,85	1,89	7,95	1,98	76,30	1,02
Sosoh	11,14	1,57	1,72	7,21	1,70	78,32	0,67
Tepung							
Metode basah	11,08	1,22	1,24	6,68	1,32	79,78	-
Metode kering	10,99	1,18	1,35	7,02	1,42	79,46	0,32

Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005).

PRODUK DIVERSIFIKASI PANGAN DAN INDUSTRI

Dalam bentuk sosoh, sorgum pulut dapat diolah menjadi makanan tradisional antara lain wajik, tape, dan rangginang. Hal ini menunjukkan kemampuan sorgum sosoh dalam mensubstitusi beras pulut yang relatif mahal harganya (Rp18.000/kg). Selanjutnya, tepung sorgum pulut dan nonpulut dapat diolah menjadi beragam pangan tradisional sehingga dapat mengganti/mensubstitusi tepung beras pulut/nonpulut (Suarni dan Firmansyah 2012).

Teknologi fermentasi tempe sorgum dapat diaplikasikan untuk meningkatkan daya cerna sorgum. Identifikasi mikroba yang dapat tumbuh pada tempe sorgum serta mampu mendegradasi pati dan protein dalam sorgum diharapkan dapat diperoleh isolat murni yang dapat digunakan untuk fermentasi secara terkontrol. Mikroorganisme yang dapat tumbuh pada tempe sorgum cokelat adalah bakteri asam laktat, khamir, dan jamur. Tempe sorgum memiliki kadar pati 35,86% dan kadar N-amino 0,67% (Andayani *et al.* 2008).

Sorgum sosoh telah dimanfaatkan untuk membuat nasi sorgum dan bubur sorgum. Widowati *et al.* (2010) telah menghasilkan nasi sorgum instan dengan kandungan protein 9,31%, karbohidrat 89,5%, lemak 0,88%, amilosa 32%, serat pangan 8,8%, daya cerna pati 61,64%, dan daya cerna protein 73,93%, serta energi 403 kkal/100 g. Dewanti *et al.* (2012) telah meneliti bubur sereal instan dari sorgum dan kacang tunggak sebagai sumber protein, menggunakan metode ekstruksi dengan penambahan bahan maltodekstrin.

Untuk produk roti tawar dan mi, substitusi tepung sorgum berkisar 10–20% (Mudjisihono 1994; Suarni dan Zakir 2001). Penambahan surfaktan dapat meningkatkan substitusi tepung sorgum terhadap terigu hingga 25–30% dan produk masih disukai panelis (Suarni dan Patong 2002; Suarni dan Zakir 2003). Rasa sepat produk akhir tepung sorgum dapat dinetralisir dengan menambahkan bumbu spekek (Suarni 2009).

Gel sorgum varietas B-100 pada proses gelatinisasi tepung sorgum tanpa sosoh merupakan gel koloid sumber serat pangan sebagai *total dietary fiber* (TDF), merupakan pangan fungsional untuk antikolesterol. Sistem ultrafiltrasi dalam pemekatan pati resisten berserat tinggi sebagai pangan fungsional untuk antikolesterol melalui membran ultrafiltrasi sel berpengaduk. Pada kondisi optimal dihasilkan *soluble dietary fiber* (SDF) sebesar 60,08% dan TDF 8,26% diperoleh dari konsentrasi 30% pati kering dengan rendemen 27,52% (Susilowati *et al.* 2011). Pati yang dihasilkan melalui modifikasi kimia ini merupakan pati resisten, yaitu jenis pati yang tidak tercerna dalam saluran pencernaan manusia atau tidak terhidrolisis menjadi D-glukosa dalam usus halus dalam waktu 120 menit setelah pangan dikonsumsi, tetapi akan difermentasi di dalam kolon (Tharanathan 2002).

Tjahyadi *et al.* (2011) memanfaatkan tepung sorgum untuk membuat stik bawang. Sorgum yang digunakan

adalah genotipe 1.1. dengan lama penyosohan 1,5 menit. Imbangan tepung sorgum dan tepung terigu 50:50 menghasilkan stik bawang sorgum dengan karakteristik terbaik dan disukai panelis, termasuk cita rasa, kerenyahan, warna, dan kenampakan keseluruhan. Rendemen stik bawang 88,9%, volume pengembangan 137,8%, dan penyerapan minyak 24,39%. Substitusi tepung sorgum lebih dari 50% menghasilkan stik yang agak kusam (kurang cerah). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Suarni dan Patong (2002) pada pembuatan roti tawar dengan sorgum genotipe B-100 dan UPCA-S1; semakin besar tingkat substitusi tepung sorgum terhadap terigu, tingkat kecerahan adonan roti makin menurun.

Muhandri *et al.* (2013) membuat mi sorgum dari varietas Numbu. Hasil analisis menunjukkan bahwa tepung sorgum memiliki kadar air 13,52% bb, kadar protein 8,50% bk, kadar lemak 2,42% bk, kadar abu 0,84% bk, kadar karbohidrat 88,23% bk, kadar pati 82,18% bk, dan kandungan amilosa 22,46%. Menurut Guo *et al.* (2003) pada umumnya mi di Asia dibuat dari tepung dengan kandungan amilosa 1–29%, namun kandungan amilosa optimum yang memberikan kualitas mi terbaik yaitu 21–24%. Berdasarkan hal tersebut, kadar amilosa pada tepung sorgum Numbu cukup untuk diolah menjadi produk mi ekstrusi. Proses pembuatan mi sorgum menggunakan ekstruder ulir ganda pada suhu 85° C dan kecepatan 20 Hz. Proses optimum tersebut mempunyai nilai *desirability* 0,736. Mi sorgum yang dihasilkan dari proses optimum memiliki *cooking loss* 11,87% dan elongasi 234,84% (Muhandri *et al.* 2013).

Tepung sorgum dapat diolah menjadi beras analog dengan membuat tepung komposit dari sumber karbohidrat lainnya. Beras analog adalah beras tiruan yang dibuat dari tepung-tepungan selain beras dan terigu. Beras analog dapat diolah menggunakan teknologi granulasi (Kurachi 1995) dan ekstruksi (Mishra *et al.* 2012). Budijanto dan Yulianti (2012) telah menghasilkan beras analog berbasis tepung sorgum varietas Pahat dan Numbu dengan teknologi ekstruksi. Kadar amilosa tepung sorgum varietas Pahat 29,01% dan Numbu 28,14%. Perbedaan kadar amilosa varietas Numbu pada penelitian sebelumnya sebesar 24,96% disebabkan oleh kondisi pertanaman, umur panen, dan penanganan pascapanen (Suarni dan Firmansyah 2005). Beras analog formula (tepung sorgum, tepung jagung, pati jagung, sagu aren, air, GMS), berbahan sorgum varietas Pahat dan Numbu mengandung karbohidrat berturut-turut 91,58%, 92,40%). Serat pangan total masing-masing yaitu 4,02% dan 3,65% (Budijanto dan Yulianti 2012).

Mbaeyiand *et al.* (2013) menghasilkan formulasi tepung sorgum dengan suplemen protein sebagai bahan pangan bernutrisi tinggi, yang selanjutnya dikembangkan menjadi produk baru yang spesifik. Teknologi pengolahan pragelatinisasi dapat diadopsi pada tingkat rumah tangga untuk menghasilkan produk sarapan sereal yang bernutrisi tinggi.

Mutu tepung sorgum dapat diperbaiki dengan metode enzimatik, menggunakan enzim α -amilase dari

kecambah kacang hijau. Perbaikan sifat fisikokimia, nilai nutrisi, terutama kadar protein menjadi 14,5%, dan komponen pangan fungsional berasal dari kacang hijau. Produk yang dihasilkan bertekstur lunak dan sesuai sebagai makanan anak balita (Suarni dan Ubbe 2005).

Modifikasi tepung sorgum juga dilakukan oleh Angelina *et al.* (2013) dengan metode fermentasi menggunakan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) selama 60 jam dengan suhu 30° C. Kurniadi *et al.* (2013) memodifikasi tepung sorgum, dengan lama fermentasi 48 jam dan konsentrasi starter *L. acidophilus* 6% (v/b). Tepung sorgum terfermentasi mengandung protein terlarut 1,36%, gula reduksi 1,28%, kadar tanin 0,06%, viskositas 39,83 cP, dan derajat keputihan 22,93.

Perbaikan mutu nutrisi sorgum dilakukan dengan meningkatkan konsentrasi asam lemak tak jenuh dengan menambahkan kacang tanah pada fermentasi biji sorgum masak dengan ragi tape. Tepung sorgum termodifikasi mengandung asam oleat 35,64% dan linoleat 32,41%, sesuai sebagai bahan pangan fungsional *flakes* (Puspaningsih *et al.* 2013).

Beberapa teknik modifikasi tersebut selain dapat memperbaiki sifat fisik, fisikokimia, dan komponen pangan fungsional tepung sorgum, juga dapat menurunkan senyawa tanin dan asam fitat (Elefatio *et al.* 2005). Selain itu, modifikasi tepung sorgum diharapkan dapat memperbaiki sifat reologi dalam pembuatan adonan tepung sorgum akibat sifat kafirin protein sorgum yang kurang baik (Kumalarva *et al.* 2004).

PRODUK INDUSTRI

Potensi tanaman sorgum sebagai bahan baku pembuatan bioetanol sangat besar karena sumber bahan bakunya dapat diambil dari pati, nira, dan ampas sorgum. Sorgum memiliki komposisi pati ±78,45% (Suarni 2004a) sehingga sangat berpotensi sebagai sumber bahan bakar nabati yaitu bioetanol. Perbandingan potensi beberapa sumber karbohidrat sebagai bahan baku bioetanol disajikan pada Tabel 10. Data tersebut menunjukkan bahwa sorgum manis mempunyai potensi penghasil bioetanol kedua setelah ubi jalar. Dari sudut pandang pemanfaatan untuk

Tabel 10. Sumber, hasil panen dan rendemen alkohol sebagai hasil konversi.

Sumber karbohidrat	Hasil panen t/ha/tahun	Perolehan alkohol	
		Liter/t	Liter/ha/tahun
Singkong	25	180	4.500
Tetes tebu	3,6	270	973
Sorgum biji	6	333,4	2.000
Ubi jalar	62,5	125	7.812
Sagu	6,8	608	4.133
Tebu	75	67	5.025
Nipah	27	93	2.500
Sorgum manis	80	75	6.000

Sumber: Balai Besar Teknologi Pati (2005).

pangan, ubi jalar disayangkan sebagai bahan baku bioetanol dibanding sorgum manis.

Hasil penelitian Herlinda (2011) menunjukkan bahwa konsentrasi bioetanol meningkat seiring berkurangnya konsentrasi gula sisa dalam pati sorgum. Setelah mencapai waktu tertentu, bioetanol hasil fermentasi menurun seiring makin berkurangnya konsentrasi gula dan pembentukan bioetanol dari fermentasi dapat menghambat pertumbuhan *yeast* dan adanya reaksi lanjut dari bioetanol yang teroksidasi menjadi asam asetat. Meldha *et al.* (2012) menginformasikan bahwa konsentrasi gula awal hasil liquifikasi pati sorgum terbaik yaitu 14,001 g/l pada suhu 95° C dengan konsentrasi etanol 40 g/l dan waktu fermentasi 48 jam.

Selain pati sorgum sebagai bahan baku bioetanol, batang sorgum dapat diekstrak menjadi nira selanjutnya diolah menjadi gula merah atau difermentasi menjadi bioetanol. Tabel 11 menyajikan perbandingan komposisi kimia nira sorgum dan tebu. Tabel tersebut menunjukkan bahwa kadar gula nira sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan nira tebu. Nira sorgum memiliki kelemahan yaitu kadar abu, amilum, dan asam akonitat lebih tinggi dibandingkan dengan nira tebu. Kadar air dalam batang sorgum kurang lebih 70% sehingga kandungan niranya berada pada kisaran nilai tersebut.

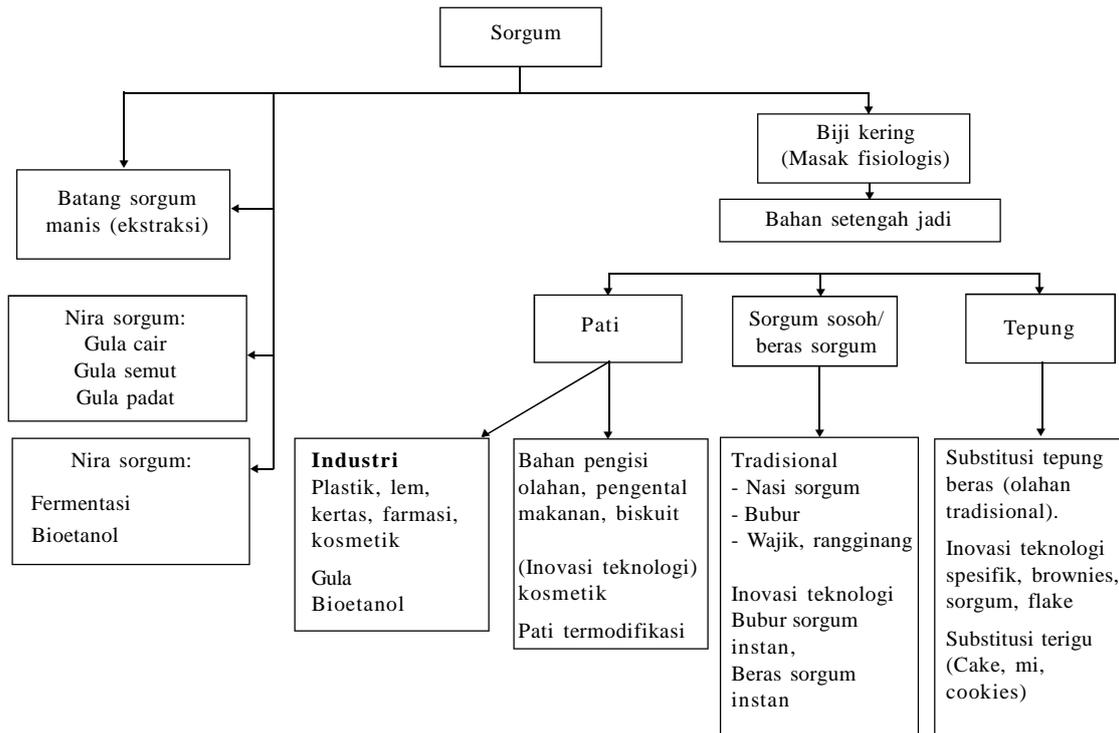
Darni dan Utami (2010) mengolah pati sorgum menjadi bioplastik. Formulasi campuran pati sorgum-kitosan 7:3 dengan *plasticizer* sorbitol terbaik adalah konsentrasi 20% dan suhu gelatinisasi 95° C dengan nilai Modulus Young tertinggi 42,480 MPa dan nilai ketahanan air terbaik 36,82%. Konsentrasi sorbitol 20% sebagai *plasticizer* pada campuran pati-kitosan sudah dapat memberikan sifat elastis yang menyamai plastik komersial (polipropilena dan polietilena). Limbah bioplastik aman bagi lingkungan karena dapat terurai sehingga lebih unggul dibanding plastik komersial.

Bagan alur pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan dan industri disajikan pada Gambar 2. Kelebihan sorgum manis, batangnya dapat diekstrak menjadi nira sorgum. Nira sorgum dapat diolah menjadi gula semut, gula cair, gula padat. Nira sorgum melalui metode fermentasi dapat menghasilkan bioetanol. Biji sorgum manis sama halnya sorgum biasa, dapat diolah menjadi bahan setengah jadi yaitu sorgum sosoh, tepung sorgum, dan pati. Bahan setengah jadi ini dapat diolah menjadi berbagai produk olahan.

Tabel 11. Komposisi nira sorgum dan nira tebu.

Komposisi	Nira sorgum	Nira tebu
Brix (%)	13,6–18,40	12–19
Sukrosa (%)	10,0–14,40	9–17
Gula reduksi (%)	0,75–1,35	0,48–1,52
Abu (%)	1,28–1,57	0,40–0,70
Amilum (ppm)	209–1764	1,50–95
Asam akonitat (%)	0,56	0,25

Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan (1996).



Gambar 2. Pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan dan industri.

PROSPEK PENGEMBANGAN SORGUM DAN KENDALANYA

Tanaman sorgum mampu tumbuh di lahan marginal (lahan kering, lahan masam, lahan salin), daya adaptasi luas, membutuhkan sedikit air, dan input pertanian lebih rendah, serta cocok ditanam pada lahan kering dan panas. Sorgum memiliki prospek yang menjanjikan karena lahan pertanian yang sesuai cukup luas, dapat ditanam di lahan tidur sehingga lebih produktif, dan tidak berkompetisi dengan tanaman pangan lain karena dapat tumbuh di lahan marginal. Tanaman sorgum menghasilkan biji sebagai bahan pangan dan industri. Selain itu, nira batang sorgum manis dapat menjadi bahan baku industri gula dan bioetanol.

Bioetanol bersifat ramah lingkungan dan penggunaannya sebagai campuran BBM dapat mengurangi emisi karbon monoksida. Bioetanol juga dapat menggantikan bahan bakar minyak tanah. Selain hemat, pembuatannya dapat dilakukan oleh rumah tangga sehingga lebih ekonomis dibandingkan dengan minyak tanah.

Diversifikasi pangan berbasis sorgum masih sebatas sebagai bahan sumber karbohidrat. Namun ke depan, sorgum diharapkan dapat menjadi komponen penting pangan fungsional sehingga meningkatkan citra sorgum sebagai bahan pangan. Pengembangan pangan fungsional berbasis polisakarida dari sorgum untuk anti-kolesterol mempunyai prospek yang baik. Peluang pasar pangan fungsional di Indonesia masih terbuka seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat dan pola

makan yang mengarah ke hidup sehat. Varietas unggul sorgum berproduktivitas tinggi dan potensial sebagai pangan fungsional dapat dieksplorasi dalam produk siap konsumsi (Suarni dan Subagio 2013).

Pada umumnya masyarakat Indonesia belum mengenal kelebihan sorgum, apalagi melihat atau mencicipi produk pangan berbasis sorgum. Sorgum masih dianggap sebagai bahan pangan kurang bergengsi. Untuk menjadikannya sebagai komoditas superior, diperlukan sosialisasi secara intensif melalui pelatihan dan penyebaran informasi melalui media televisi, koran, dan lainnya.

Pelatihan dapat dilaksanakan dalam rangka transfer teknologi kepada petani dan penyuluh pertanian tentang budi daya tanaman sorgum dengan aplikasi pupuk organik, pupuk hayati, dan pestisida hayati serta pengolahan produk tanaman sorgum menjadi bahan pangan, pakan ternak, dan bioenergi. Pemerintah harus serius mengembangkan tanaman sorgum pada lahan yang tidak dimanfaatkan untuk tanaman pangan lainnya. Perlu pula memfasilitasi industri pengolahan bahan setengah jadi dan produk akhir, gula cair, gula padat, dan bioetanol dari sorgum.

Pengembangan sorgum masih menghadapi berbagai permasalahan, khususnya terkait penciptaan pasar dan jaminan harga serta aspek kelembagaan untuk keberlanjutan pengembangannya. Data statistik sorgum yang dapat diakses secara luas untuk keperluan pengembangan sorgum masih terbatas, yang menunjukkan kurangnya perhatian pemerintah terhadap pengembangan komoditas ini di Indonesia (Susilowati dan Saliem 2013). Petani mau mengembangkan komoditas

apapun selama ada jaminan pasar bagi hasil panennya dengan harga yang menguntungkan petani.

KESIMPULAN

Varietas unggul sorgum telah tersedia, tetapi belum disertai informasi tentang karakter sifat fisikokimia dan fungsional aktifnya, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan pangan dan industri belum optimal. Setiap produk pangan maupun industri mensyaratkan karakter sifat fisikokimia dan komponen bioaktif untuk menghasilkan produk yang berkualitas, sehingga pemilihan varietas sorgum lebih sesuai. Untuk mengangkat citra produk pangan berbasis sorgum, perlu dihasilkan olahan-olahan yang spesifik, bukan hanya untuk mensubstitusi terigu. Pati sorgum dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri, termasuk farmasi, kosmetik, kertas, tekstil, bioplastik, dan lainnya. Batang sorgum manis dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku gula cair, gula padat, dan bioetanol.

Untuk mengembangkan potensi sorgum sebagai bahan pangan dan industri, diperlukan sosialisasi kepada masyarakat. Perlu pula pelatihan bagi petani, penyuluh, dan pebisnis sorgum. Sehubungan dengan hal tersebut perlu ada "Sorghum Center" sebagai pusat kegiatan yang berhubungan dengan sorgum dari hulu hingga hilir.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, P., A.K. Wardani, dan E.S. Murtini. 2008. Isolasi dan identifikasi mikroba dari tempe sorgum coklat (*Sorghum bicolor* L.Moench) serta potensinya dalam mendegradasi pati dan protein. *J. Teknologi Pertanian* 9(2): 95–105.
- Angelina, A., T. Rosiana, N. Istianah, S. Gunawan, dan A.K. Anal. 2013. Pengujian parameter biji sorgum dan pengaruh analisa total asam laktat dan pH pada tepung sorgum terfermentasi menggunakan *Bakers yeast* (*Saccharomyces cereviceae*). *J. Teknik Pomits* 2(2): 279–281.
- Anonim. 2013. PTPN XII perluas pertanaman sorgum. <http://antaranews.com/berita>. [7 Desember 2013].
- Averous, L. 2004. Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *J. Macromolecular Sci.* 12: 123–130.
- Awika, J.M. and L.W. Rooney. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry* (65): 1199–1221. www.sciencedirect.com.
- Balai Besar Teknologi Pati. 2005. Kelayakan tekno-ekonomi bioetanol sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. Balai Besar Teknologi Pati – BPPT, Jakarta.
- Balitsereal. 2012. Deskripsi Varietas Unggul Jagung, Sorgum dan Gandum Edisi Tahun 2012. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Budijanto, S. dan Yulianti. 2012. Studi persiapan tepung sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) dan aplikasinya pada pembuatan beras analog. *J. Teknologi Pertanian* 13(3): 177–186.
- Darni, Y. dan H. Utami. 2010. Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobitas bioplastik dari pati sorgum. *J. Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 7(4): 88–93.
- Dewanti, T.W., Harijono, dan Nurma. 2012. Tepung bubur sereal instan metode ekstruksi dari sorgum dan kecambah kacang tunggak. *J. Teknologi Pertanian* 3(1): 35–44.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traore, A.G.J. Voragen and W.J.H. van Berkel. 2006. Sorghum grain as human food in Africa, relevance of content of starch and amylase activities. *Afr. J. Biotechnol.* 5(5): 384–395.
- Direktorat Budidaya Serealia. 2012. Kebijakan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dalam Pengembangan Komoditas Jagung, Sorgum dan Gandum. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementan RI, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 1996. Sorgum manis komoditi harapan di Provinsi Kawasan Timur Indonesia. Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri. Edisi Khusus Balitkabi (4): 6–12.
- Dziedzic, S.Z. and M.W. Kearsley. 1995. The technology of starch production. *In* S.Z. Dziedzic and M.W. Kearsley (Eds.). *Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives*. Blackie Academic and Professional, London.
- Elefatio, T., E. Matuschek and U.L.V. Svanberg. 2005. Fermentation and enzim treatment of tannin sorghum gruels: effect on phenolic compounds, phitate and *in vitro* accessible iron.
- FSD (Food Security Department). 2003. Sorghum: Post-harvest operations. <http://www.fao.org/inpho/compand/text/ch07.htm>.
- Guo, G., O.S. Jackson, R.A. Graybosch and A.M. Parkhurst. 2003. Asian salted noodle quality: Impact of amylose content adjustments using waxy wheat flour. *J. Cereal Chem.* 80: 437–445.
- Hamdani, M., S. Singgih, dan Suarni. 1998. Studi sifat agronomik dan potensi hasil beberapa galur dan varietas sorgum manis. *Jurnal Tanaman Tropika* 1(2): 108–113.
- Hardaning, P. 2001. Pengembangan bahan plastik biodegradabel berbahan baku pati tropis. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi-BPPT, Jakarta.
- Herlinda, Y. 2011. Pembuatan bioetanol dari nira sorgum dengan proses fermentasi menggunakan Yeast *Pichia Stipitis*. Skripsi. Universitas Riau.
- Johnson, I.T. and D.T.A. Southgate. 1994. Dietary fibre and related substance. Chapman and Hall Publication, London, UK.
- Kumalarva, A.G., Y. Gariepy, V.R. Sosle, M. Ngadi and V. Raghavan. 2004. Rheological properties of sorghum dough. Presented at the 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting. Paper no. 04603
- Kurachi, H. 1995. Process for producing artificial rice. United States Patent 5; 403,606.
- Kurniadi, M., M. Andriani, F. Faturohman, dan E. Damayanti. 2013. Karakteristik fisikokimia tepung biji sorgum (*Sorghum bicolor* L.) terfermentasi bakteri asam laktat *Lactobacillus acidophilus*. *J. Agritech* 33(3): 288–295.
- Mbaeyi, I.E. Nwaoha and J.C. Onweluzo. 2013. Functional properties of sorghum (*S. bicolor* L.) - pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour blends and storage stability of a flaked breakfast formulated from blends. *Pakistan J. Nutr.* 12(4): 382–397.
- Meldha, Z., Chairul, dan S.Z. Amraini. 2012. Produksi bioetanol dari pati sorgum dengan proses sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan variasi temperatur likuifikasi. Lab. Rekayasa Bioproses/Teknik Kimia Universitas Riau. [5 September 2014].
- Mishra, A., H.N. Misra and P.S. Roo. 2012. Preparation of rice analogues using extrusion technology: Review. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47: 1789–1797.
- Mudjisiyono, R. dan D.S. Damardjati. 1987. Prospek kegunaan sorgum sebagai sumber pangan dan pakan. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 6(1): 1–5.
- Mudjisiyono, R. 1994. Studi pembuatan roti campuran tepung jagung dan sorgum. *J. Ilmu Pertanian Indonesia* 4(1): 16–22.

- Muhandri, T., Subarna, dan I. Mustakim. 2013. Optimasi proses pembuatan mi sorgum dengan menggunakan ekstruder ulir ganda. *J. Sains Terapan* 3(1): 1–8.
- Nurhasanah, A., N. Sulistiyosari, A. Suprpto, S. Pangaribuan, A. Azadi, A. Samudiantono, M. Suhil, dan A. Prabowo. 2012. Pengembangan mesin penyosoh sorgum kapasitas 200 kg/jam untuk mendukung diversifikasi pangan. Laporan akhir kegiatan. BBP Mektan, Serpong.
- Prastowo, B., Suarni, Y. Sinuseng, Suwardi, dan Subhana. 1996. Rekayasa teknologi mesin penepung sorgum dan jawawut. hlm. 77–98. Hasil penelitian dan Pengembangan Alat dan Mesin Pertanian. Tahun XV-1995/1996.
- Puspaningsih, V., S. Hartini, dan Y. Martono. 2013. Analisa asam lemak tidak jenuh pada tepung sorgum termodifikasi dan aplikasinya sebagai pangan fungsional flakes. Prosiding Seminar Nasional Sains. Fak Sains dan Matematika UKSW, Salatiga.
- Ratnayake, W.S., R. Hoover and W. Tom. 2002. Pea starch: composition, structure, and properties. *Review. J. Starch* 54: 217–234.
- Reddy, B.V.S., S. Ramesh, S.T. Borikar, and H. Sahib. 2007. ICRISAT-Indian NARS partnership sorghum improvement research: strategies and impacts. *Curr. Sci.* 92 (7): 909–915.
- Salimi, Y.K., F.R. Zakaria, B.P. Priosoerjanto, dan S. Widowati. 2011. Aktivitas ekstrak sorgum (*Sorghum bicolor*) terhadap penghambatan proliferasi sel kanker kolon HCT 116. *E. J. ENTROPI* 7(2).
- Samanhudi. 2010. Pengujian cepat ketahanan tanaman sorgum manis terhadap cekaman kekeringan. *J. Agrosains* 12(1): 9–13.
- Sang, Y., S. Bean, P.A. Seib, J. Pedersen and Y.C. Shi. 2008. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylase content. *J. Agric. Food Chem.* 56: 6680–6685.
- Setyowati, M., Hadiatmi, dan Sutoro. 2005. Evaluasi pertumbuhan dan hasil plasma nutfah sorgum (*Sorghum vulgare* (L.) Moench) dari tanaman induk dan ratun. *Buletin Plasma Nutfah* 11(2): 41–49.
- Singh, H., N.S. Sodhi and N. Singh. 2010. Characterization of starches separated from sorghum cultivars grown in India. *J. Food Chem.* 119: 95–100.
- Soeranto, H. 2016. Riset dan pengembangan sorgum dan gandum untuk ketahanan pangan. Dalam <http://www.lipi.go.id>. [6 April 2016].
- Soerjodibroto, W. 2004. Dietary fiber of adolescence in Jakarta. *The Journal of the Indonesian Medical Association*. pp. 417–423.
- Suardi, Suarni, dan A. Prabowo. 2002. Teknologi sederhana prosesing sorgum sebagai bahan pangan. hlm. 112–116. Pros. Sem. Nasional BPTP Sulawesi Selatan.
- Suarni dan M. Hamdani. 2001. Potensi dan penurunan kuantitas kandungan gula nira beberapa varietas sorgum manis setelah panen. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam untuk Mencapai Produktivitas Optimum. UNILA, Lampung.
- Suarni dan M. Zakir. 2001. Sifat fisikokimia tepung sorgum sebagai substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.* 20(2): 58–62.
- Suarni dan R. Patong. 2002. Tepung sorgum sebagai bahan substitusi terigu. *J. Penelitian Pertanian.* 21(1): 43–47.
- Suarni dan S. Singgih. 2002. Karakteristik sifat fisik dan komposisi kimia beberapa varietas/galur biji sorgum. *J. Stigma* 10(2): 127–130.
- Suarni dan M. Zakir. 2003. Pengaruh surfaktan terhadap sifat reologis adonan tepung campuran pembuatan roti tawar. *Risalah Penelitian Jagung dan Sereal Lain* (8): 57–62.
- Suarni. 2004a. Komposisi asam amino penyusun protein beberapa sereal. *J. Stigma* 12(3): 352–355.
- Suarni. 2004b. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian.* 23(4): 45–151.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2005. Potensi sorgum varietas unggul sebagai bahan pangan untuk menunjang agroindustri. hlm. 541–546. Prosiding Lokakarya Nasional BPTP Lampung, dan Univ. Lampung. Bandar Lampung.
- Suarni dan U. Ubbe. 2005. Perbaikan kandungan nutrisi dan sifat fisikokimia tepung sorgum dengan enzimatis (α -amilase) dari kecambah kacang hijau. hlm. 92–95. Prosiding Seminar Nasional Kimia Univ. Tadulako & Forum Kerja Sama Kimia KTI.
- Suarni. 2009. Pemanfaatan bumbu spekek untuk menekan rasa sepat olahan kue kering berbasis tepung sorgum. hlm. 262–269. Prosiding Simposium Teknologi Inovatif Pascapanen II. BB Pascapanen, Bogor.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2012. Potensi Sorgum sebagai bahan substitusi beras dan terigu dalam diversifikasi pangan. hlm. 598–605. Prosiding Seminar Nasional Sereal. Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Pangan dan Diversifikasi Pangan. Balitsereal. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Suarni dan H. Subagio. 2013. Prospek pengembangan jagung dan sorgum sebagai sumber pangan fungsional. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 32(3): 47–55.
- Suarni, S. Anna, dan M. Taufik. 2015. Karakter sifat fisikokimia dan fungsional sorgum beberapa varietas untuk bahan pangan dan industri. Laporan Penelitian Sorgum. Balitsereal, Maros.
- Sumarno dan S. Karsono. 1996. Prospek tanaman sorgum untuk pengembangan agroindustri. *Risalah Simposium. Edisi khusus Balitkabi No. 4. Malang.*
- Susilowati, A., Aspiyanto, dan Y. Maryati. 2011. Pengaruh kecepatan putar dan jenis gel sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) dalam pemekatan pati resisten melalui sel ultrafiltrasi berpengaduk untuk antikolesterol. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011. Fak. Teknik Univ. Wahid Hasyim, Semarang.
- Susilowati, S.H. dan H.P. Saliem. 2013. Perdagangan sorgum di pasar dunia dan Asia serta prospek pengembangannya di Indonesia. hlm. 7–23. *Dalam Buku Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.*
- Tharanathan, R.N. 2002. Food-derived carbohydrates: Structural complexity and functional diversity. *Crit. Rev. Biotechnol.* 22(1): 65–84.
- Tjahyadi, C.B.D. Sofiah, T.M., Anas, dan D. Pratiwi. 2011. Pengaruh imbalan tepung sorgum genotipe 1.1 yang diperoleh dari lamanya penyosohan dan tepung terigu terhadap karakteristik inderawi stik bawang. *Bionatura J. Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik* 13(2): 177–187.
- Widowati, S., R. Nurjanah, dan W. Amrinola. 2010. Proses pembuatan dan karakterisasi nasi sorgum instan. hlm. 17–23. Prosiding Seminar Nasional Pekan Sereal Nasional. Pusat Penelitian Tanaman Pangan, Bogor.
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi* PT Gramedia. Jakarta.
- Woo, H.D., S.J. Choi, H.R.B. Hamaker and T.W. Moon. 2004. *In vitro* protein and starch digestibility of sorghum in the presence of sodium bisulfite. IFT Annual Meeting, July 12–16, 2004. Las Vegas, NV.
- Yasman. 2010. Produktivitas biomassa dan gula dari sorgum manis sebagai bahan fermentasi bioetanol. Laporan Penelitian Hibah Pascasarjana IPB.