

Struktur, Komposisi Nutrisi dan Teknologi Pengolahan Sorgum

Suarni dan I.U. Firmansyah
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan pangan penting 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 kripik (Dicko *et al.* 2006). Di India, tepung sorgum dibuat roti bahan chapati, yang merupakan makanan pokok masyarakat pedesaan. Di Indonesia sorgum merupakan tanaman sereal pangan ke tiga setelah padi dan jagung, namun penggunaannya sebagai bahan pangan menurun tajam setelah ketersediaan beras mencukupi dengan relatif dan harga murah.

Walaupun potensi sorgum di Indonesia cukup besar dengan beragam varietas, tetapi pengembangannya lambat. Banyak masalah yang dihadapi, termasuk aspek sosial, budaya, dan psikologis. Beras dianggap sebagai pangan bergengsi sedang sorgum *inferior food*, sehingga masyarakat enggan makan nasi sorgum. Sorgum merupakan bahan pangan pendamping beras yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap serealia lain seperti jagung, gandum, dan beras. Pada tahun 1950-1960 tepung sorgum biasa dibuat nasi pengganti beras, banyak dikonsumsi oleh penduduk di wilayah selatan Jawa, NTB, NTT, dan sebagian Sulsel.

Komoditas ini mempunyai kandungan nutrisi dasar yang tidak kalah penting dibandingkan dengan serealia lainnya, dan mengandung unsur pangan fungsional. Biji sorgum mengandung karbohidrat 73%, lemak 3,5%, dan protein 10%, bergantung pada varietas dan lahan pertanian (Mudjisihono dan Damarjati 1987, Suarni 2004a). Kelemahan sorgum sebagai bahan pangan adalah kandungan tanin dalam biji. Senyawa polifenol tersebut memberi warna kusam pada produk olahan dengan rasa agak sepat. Selain itu, tanin dikenal sebagai antinutrisi karena menghambat proses daya cerna protein dan karbohidrat dalam tubuh. Bertitik tolak dari hal tersebut, mempromosikan kelebihan sorgum sebagai bahan pangan menjadi penting, terutama fungsi pangan fungsional yang terkandung dalam bijinya. Unsur pangan fungsional dalam biji sorgum antara lain beragamnya antioksidan, mineral terutama Fe, serat, oligosakarida, β -glukan termasuk karbohidrat *non-starch* polysakarida (NSP). Pangan fungsional bermanfaat

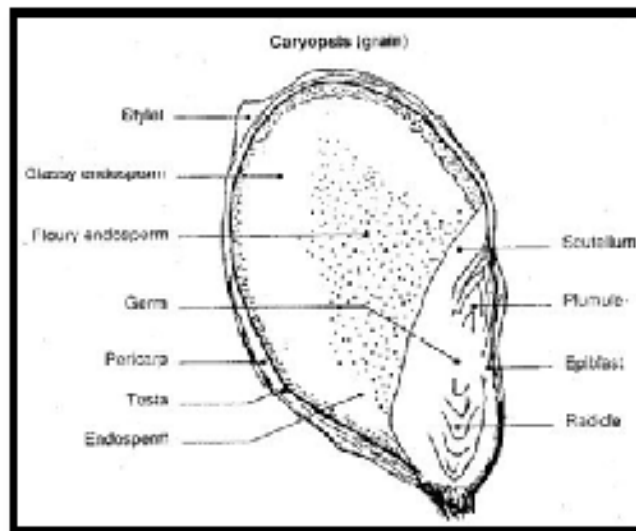
untuk mencegah penyakit yang terkait dengan sistem kekebalan tubuh, endokrin, saraf, pencernaan, sistem sirkulasi, dan sebagainya.

Penggunaan biji sorgum yang lebih prospektif adalah untuk komponen ransum pakan ternak dan bahan industri etanol, seperti yang telah berkembang di negara maju. Tiga komponen hasil panen sorgum, yaitu biji, nira batang, dan bagas (ampas perahan nira) dapat digunakan sebagai bahan baku etanol (Suarni dan Hamdani 2001). Sorgum manis yang batangnya banyak mengandung gula berpotensi sebagai bahan baku gula dan molase untuk pembuatan mono sodium glutamat (MSG).

Kelebihan yang paling mendasar dari sorgum adalah budi dayanya yang mudah, murah, efisien, dan dapat dikembangkan di lahan marginal. Dengan demikian, pengembangan sorgum dapat meningkatkan ketahanan pangan pada daerah miskin nutrisi dan pangan fungsional.

STRUKTUR BIJI DAN KOMPOSISI KIMIA BIJI SORGUM

Struktur biji sorgum secara umum terdiri atas kulit biji, endosperma, lembaga, dan kulit biji (Gambar 1). Komposisi nutrisi dasarnya disajikan pada Tabel 1. Komposisi tersebut bergantung pada varietas, pertanaman, iklim, dan masak fisiologisnya, namun keragamannya tidak terlalu besar.



Gambar 1. Struktur biji sorgum.
Sumber: Hubbard *et al.* (1968)

Tabel 1. Komposisi nutrisi biji sorgum.

Bagian biji	Komposisi nutrisi (%)				
	Pati	Protein	Lemak	Abu	Serat kasar
Biji utuh	73,8	12,3	3,60	1,65	2,2
Endosperma	82,5	12,3	0,63	0,37	1,3
Kulit biji	34,6	6,7	4,90	2,02	8,6
Lembaga	9,8	13,4	18,90	10,36	2,6

Sumber: Hubbard *et al.* (1968)

Pada umumnya biji sorgum berbentuk bulat dengan ukuran 4 x 2,5 x 3,5 mm. Berat biji bervariasi antara 8-50 mg, rata-rata 28 mg. Berdasarkan ukurannya, sorgum dibagi atas sorgum biji kecil (8-10 mg), biji sedang (12-24 mg), dan biji besar (25-35 mg). Warna biji beragam antara putih, putih kecoklatan, merah dan coklat, merupakan salah satu kriteria yang menentukan kegunaannya.

Komponen pati biji sorgum (82,5%) terkonsentrasi pada endosperma, sedangkan pada bagian lembaga kadar lemak (18,9%) dan komponen mineral (19,36%). Komposisi nutrisi bagian biji sorgum dapat menjadi petunjuk pemanfaatannya, sehubungan dengan teknologi pengolahan yang akan digunakan.

Komposisi Nutrisi Dasar Sorgum

Komposisi zat gizi sorgum secara umum relative tidak berbeda dengan sereal lainya seperti jagung, beras, dan gandum. Kekurangan sorgum sebagai bahan pangan adalah mengandung zat antinutrisi, yaitu senyawa tanin yang menyebabkan rasa sepat pada produk olahan.

Karbohidrat

Pati merupakan bentuk simpanan karbohidrat utama di 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 anatar 250-350 unit.

Daya cerna pati, yang menunjukkan kemampuan pati dihidrolisis oleh enzim pankreatik, menentukan kandungan energi tersedia pada sereal. Pengolahan biji-bijian melalui pengukusan, pengolahan bertekanan, *flaking*,

puffing, atau pengecilan ukuran pati akan meningkatkan daya cerna pati sorgum.

Kandungan karbohidrat sorgum relatif lebih rendah (70,7%) dibandingkan dengan sereal lain, dan tertinggi terdapat pada beras pecah kulit (76,0%). Kadar pati sorgum berkisar antara 56-73% dengan rata-rata 69,5%. Pati sorgum terdiri atas amilosa (20-30%) dan amilopektin (70-80%), bergantung pada faktor genetik dan lingkungan.

Protein dan lemak

Secara umum kadar protein sorgum lebih tinggi dari jagung, beras pecah kulit dan jewawut, tetapi lebih rendah dibanding gandum. Kadar lemak sorgum lebih tinggi dibanding beras pecah kulit, gandum, jewawut dan lebih rendah dibanding jagung. Kandungan nutrisi sorgum tidak kalah dengan sereal lainnya (Tabel 2).

Secara umum protein sorgum lebih tinggi dibanding jagung, beras, jewawut tetapi di bawah gandum. Kandungan protein sorgum relative tidak berbeda dengan jagung dan sebanding dengan mutu protein terigu. Salah satu kriteria mutu protein suatu bahan ditunjukkan oleh komposisi asam aminonya (Tabel 3).

Kadar asam glutamat tepung sorgum (1,39-1,58%) lebih rendah dibandingkan dengan terigu (3,83%). Meskipun asam glutamat bukan termasuk asam amino esensial, namun berpengaruh terhadap sifat sensori produk olahan, terutama dari segi rasa. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji organoleptik roti tawar dengan bahan tepung jagung mensubstitusi terigu hingga 20% (Suarni dan Patong 2002). Tepung sorgum mengandung asam amino leusin (1,31-1,39%) yang lebih tinggi dibandingkan dengan terigu (0,88%), tetapi lisin tepung sorgum hanya 0,16%, lebih rendah dibanding terigu 0,38%.

Tabel 2. Komposisi nutrisi sorgum dan sereal lain (per 100g).

Komoditas	Abu (g)	Lemak (g)	Protein (g)	Karbohidrat (g)	Serat kasar (g)	Energi (kcal)
Sorgum	1,6	3,1	10,4	70,7	2,0	329
Beras pecah kulit	1,3	2,7	7,9	76,0	1,0	362
Jagung	1,2	4,6	9,2	73,0	2,8	358
Gandum	1,6	2,0	11,6	71,0	2,0	342
Jewawut	2,6	1,5	7,7	72,6	3,6	336

Sumber: Dep. Kes. RI (1992)

Tabel 3. Komposisi asam amino penyusun protein tepung sorgum dan terigu.

Asam amino	Komposisi asam amino (%)		
	Sorgum UPCA-S1	Sorgum Isiap Dorado	Terigu
Alanin	0,82	0,85	0,49
Arginin	0,29	0,32	0,73
Asam aspartat	0,63	0,69	0,56
Asam glutamat	1,39	1,58	3,83
Glisin	0,29	0,26	0,56
Isoleusin	0,34	0,28	0,43
Lisin	0,16	0,18	0,38
Fenilalanin	0,27	0,27	0,61
Prolin	0,24	0,29	1,51
Serin	0,33	0,38	0,32
Treonin	0,16	0,15	0,36
Tirosin	0,19	0,22	0,39
Valin	0,53	0,49	0,55
Leusin	1,31	1,39	0,88

Sumber: Suarni (2004b)

Sorgum mengandung 3,1% lemak, lebih tinggi dibandingkan dengan gandum (2%) dan beras pecah kulit (2,7%), namun masih lebih rendah dibandingkan dengan jagung (4,6%). Lemak sorgum terdiri atas tiga fraksi, yaitu fraksi netral (86,2%), glikolipid (3,1%) dan fosfolipid (0,7%).

Hasil penelitian terhadap komposisi nutrisi proksimat dan tanin beberapa galur/varietas sorgum disajikan pada Tabel 4. Keragaman yang relatif besar terdapat pada kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan tanin. Kandungan protein berkisar antara 7,38-9,86%, lemak 1,45-3,80%; karbohidrat 74,5-79,20%, dan tanin 0,30-10,60%.

Kadar tanin tertinggi terdapat pada varietas lokal Batara Tojeng Eja, diikuti oleh Batara Tojeng Bae dan lokal Jeneponto. Varietas Kawali dan Numbu memiliki kandungan tanin rendah, sehingga memudahkan dalam pemanfaatan untuk olahan pangan. Varietas dengan kulit biji berwarna coklat atau gelap cenderung memiliki kandungan tanin lebih tinggi dibandingkan dengan kulit biji berwarna putih atau terang.

Selain mengandung karbohidrat yang tinggi, biji sorgum juga memiliki kadar nutrisi lain yang cukup memadai sebagai bahan pangan. Varietas lokal dari Sulawesi Selatan antara lain Batara Tojeng Eja, Batara Tojeng Bae, Lokal Jeneponto, dan Manggarai/Selayar. Kawali dan Numbu khusus merupakan varietas unggul sorgum untuk pangan rakitan Badan Litbang Pertanian.

Vitamin dan mineral

Sorgum kaya vitamin B kompleks. Di antara vitamin B, kadar tiamin, riboflavin, dan niasin dalam sorgum sebanding dengan jagung (Tabel 5). Kadar vitamin B sorgum, terutama niasin, sangat bervariasi. Kadar tiamin sorgum dan jagung sama dan lebih rendah dibanding beras, gandum, dan jewawut. Sorgum mengandung riboflavin lebih tinggi dibanding gandum dan beras, sedangkan kadar niasin sama dengan beras. Kelebihan sorgum, kandungan besinya relatif lebih tinggi di banding sereal lainya.

Tabel 4. Komposisi nutrisi, tanin beberapa galur/varietas sorgum.

Varietas	Komposisi nutrisi dan tanin (%)						
	Air	Abu	Protein	Serat kasar	Lemak	Karbohidrat	Tanin
Batara Tojeng Eja	9,91	3,35	9,02	3,92	3,80	73,92	10,60
Batara Tojeng Bae	9,01	3,16	9,17	4,84	3,10	75,56	6,66
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	1,26
ICSP 88013	8,93	2,23	7,69	2,95	3,16	77,99	0,48
ICSV 210	9,43	2,25	7,90	2,55	2,96	77,46	0,30
ICSV I	9,32	2,59	8,62	2,76	2,69	76,78	0,62
ICSH 110	9,04	2,29	8,42	3,52	2,58	77,67	1,71
SPV 462	8,15	2,48	7,38	2,73	2,79	79,20	1,26
IS-3259	11,41	2,79	8,96	3,16	2,31	74,53	1,82
Mandau	11,60	2,16	9,98	3,98	1,99	74,27	3,76
Manggarai/Selayar	12,10	2,82	8,42	3,19	3,02	79,12	1,71
UPCA - S1	11,90	2,28	9,86	4,02	2,12	73,10	3,98
Kawali*	12,14	2,42	8,07	2,59	1,45	75,66	1,08
Numbu*	12,62	2,88	8,12	2,04	1,88	74,50	0,95

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

Tabel 5. Kandungan mineral dan vitamin sorgum dan sereal lain (per 100 g, kadar air 12%).

Komoditas	Tiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niasin (mg)	Kalsium (mg)	Zat besi (mg)
Sorgum	0,38	0,15	4,3	25	5,4
Beras pecah kulit	0,41	0,04	4,3	33	1,8
Jagung	0,38	0,20	3,6	26	2,7
Gandum	0,41	0,10	5,1	30	3,5
Jewawut	0,42	0,19	1,1	350	3,9

Sumber: Dep. Kes. RI (1992)

Komponen Pangan Fungsional

Pemanfaatan sorgum sebagai sumber pangan fungsional belum banyak dilakukan, selama ini masih terbatas sebagai bagian dari komponen diversifikasi pangan dan ransum pakan ternak sebagai sumber karbohidrat (Suarni 2004c). Sorgum mengandung serat pangan dalam jumlah tinggi yang dibutuhkan tubuh (*dietary fiber*), berfungsi untuk pencegahan penyakit jantung, obesitas, penurunan hipertensi, menjaga kadar gula darah, dan pencegahan kanker usus. Pada penderita penyakit cardio vaskuler (penyakit jantung koroner/PJK), serat pangan berfungsi mengikat asam empedu sehingga menurunkan kadar kolesterol darah.

Serat pangan tidak dapat dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan manusia tetapi memiliki fungsi yang sangat penting bagi pemeliharaan kesehatan, pencegahan berbagai penyakit, dan sebagai komponen penting dalam terapi gizi. Komponen ini meliputi polisakarida yang tidak dapat dicerna, seperti selulosa, hemiselulosa, oligosakarida, pektin, gum, dan *waxes*. Serat pangan terdiri atas komponen serat larut dan tidak larut. Serat tidak larut berfungsi mempertebal kerapatan campuran makanan dalam saluran pencernaan, mencegah timbulnya berbagai penyakit, terutama yang berhubungan dengan saluran pencernaan, antara lain wasir, divertikulosis, dan kanker usus besar. Fungsi serat pangan yang larut, terutama memperlambat kecepatan pencernaan di dalam usus, memberikan rasa kenyang yang lebih lama, dan memperlambat kemunculan glukosa darah sehingga insulin yang dibutuhkan untuk mentransfer glukosa ke dalam sel-sel tubuh dan diubah menjadi energi semakin sedikit. Fungsi tersebut sangat dibutuhkan oleh penderita diabetes (Astawan dan Wresdiyati 2004).

Pengembangan pangan fungsional berbasis polisakarida dari sorgum untuk antikolesterol mempunyai prospek yang baik. Penelitian untuk menggali potensi tepung sorgum sebagai sumber serat pangan terlarut dan tidak terlarut dan pengaruhnya terhadap kolesterol dilakukan oleh Susilowati *et al.* 2010.

Sorgum mengandung mineral Fe yang tinggi dan serat pangan yang dibutuhkan tubuh, yang tidak dimiliki oleh gandum. Unsur mineral Fe sangat membantu dalam pembentukan sel darah merah. Sorgum juga kaya akan mineral Ca, P dan Mg. Mineral Ca berfungsi dalam pembentukan tulang, P berfungsi memelihara pertumbuhan dan kesehatan tulang, dan Mg berfungsi mempertahankan denyut jantung normal dan kekuatan tulang.

Senyawa yang lebih menonjol dari sorgum dibanding jagung adalah komponen polyphenol. Sorgum dengan kandungan tanin (golongan polyphenol) yang tinggi berdampak negatif sebagai bahan pangan maupun pakan. Tanin dalam tepung sorgum yang lebih banyak negatifnya dibanding

positifnya terhadap kesehatan masih menjadi kontroversi. Pembahasan dalam makalah ini menekankan aspek positif dari tanin dalam tepung sorgum sebagai bahan pangan sehat yang potensial untuk dikembangkan.

Senyawaan Polyphenol (Tanin), Asam Fitat, Antosianin

Kekurangan mutu bahan pangan asal sorgum adalah kandungan tanin dan asam fitat. Senyawa tersebut merupakan antinutrisi yang merugikan sistem pencernaan manusia (Elefatio *et al.* 2005). Tanin merupakan salah satu senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin dapat mengikat protein alkaloid dan gelatin. Golongan fenol dicirikan oleh cincin aromatik dengan satu atau dua gugus hidroksil. Kelompok fenol terdiri atas ribuan senyawa, meliputi flavonoid, fenilpropanoid, asam fenolat, antosianin, pigmen kuinon, melanin, lignin, dan tanin, yang terdapat pada berbagai jenis tumbuhan (Harbone 1996).

Tanin memiliki peranan biologis yang kompleks dengan sifat yang sangat beragam, mulai dari kemampuan pengendap protein hingga pengkhelat logam. Tanin juga berfungsi sebagai antioksidan biologis. Efek yang disebabkan oleh tanin tidak dapat diprediksi dan merupakan sifat kontroversi. Beragamnya sifat yang dimiliki senyawa tanin dan turunannya sehingga menjadikannya sebagai materi yang diminati oleh peneliti (Harbone 1996). Tanin pada sorgum biasanya berikatan dengan karbohidrat dan membentuk jembatan oksigen sehingga dapat dihidrolisis dengan asam sulfat atau asam klorida. Salah satu contoh tanin adalah gallotanin yang merupakan senyawa gabungan dari karbohidrat dengan asam galat. Selain membentuk gallotanin, dua asam galat akan membentuk tanin terhidrolisis yang disebut ellagitanins.

Ellagitanin sederhana juga disebut ester asam hexahydroxydiphenic (HHDP). Senyawa ini dapat terpecah menjadi asam galat jika dilarutkan dalam air. Dalam metabolisme sekunder yang terjadi pada tumbuhan akan menghasilkan beberapa senyawa yang tidak digunakan sebagai cadangan energy, melainkan untuk menunjang kelangsungan hidupnya seperti untuk pertahanan dari hama penyakit. Beberapa senyawa seperti alkaloid, triterpen, dan golongan phenol merupakan senyawa yang dihasilkan dari metabolisme skunder.

Asam fitat merupakan bentuk penyimpanan fosfor yang terbesar pada tanaman serealia termasuk sorgum. Senyawa tersebut dapat mengikat mineral dalam bentuk ion sehingga ketersediaan mineral menjadi terganggu dan berpengaruh negatif terhadap defisiensi mineral, terutama zat besi. Pada biji sorgum, asam fitat terdapat dalam sel aleuron dengan kisaran 0,3-1,0% (Hurell dan Reddy 2003). Menurut Noer (1992), konsentrasi asam fitat

akan menurun pada biji yang berkecambah. Narsih *et al.* (2008) menginformasikan bahwa perlakuan perendaman selama 72 jam dan perkecambahan selama 36 jam menghasilkan sorgum dengan kadar tanin dan fitat terendah, sehingga dapat diaplikasikan untuk berbagai produk pangan. Sayangnya, perkecambahan biji sorgum berpengaruh negatif terhadap rasa dan aroma pangan yang diperoleh dari pengolahan primer tepung secara sederhana.

Antosianin merupakan salah satu kelas utama dari flavonoid yang paling penting dari biji sorgum. Struktur senyawa antosianin dalam biji sorgum tidak seperti antosianin pada umumnya, agak unik, karena tidak memiliki gugus hidroksil pada cincin karbon (C) nomor 3 sehingga dinamakan 3-deoksiantosianin. Keunikan tersebut menyebabkan antosianin pada sorgum lebih stabil pada pH tinggi dibanding antosianin yang berasal dari buah-buahan atau sayuran. Antosianin dari sorgum berpotensi sebagai zat pewarna alami makanan (Awika dan Rooney 2004).

Sorgum hitam mengandung apigeninidin dan luteolinidin tinggi, 36-50% dari total antosianin (Awika *et al.* 2004). Antosianin termasuk komponen flavonoid, turunan poliphenol yang memiliki fungsi pemeliharaan kesehatan, diantaranya sebagai antioksidan (Wang *et al.* 1997), pencegah kelainan jantung koroner dengan mencegah penyempitan pembuluh arteri (Manach *et al.* 2005), dan pencegah kanker (Karainova *et al.* 1990). Dengan demikian, tanin dalam tepung sorgum juga memiliki manfaat positif bagi kesehatan, sehingga tepung sorgum dapat dianjurkan untuk dijadikan olahan pangan fungsional.

Diversifikasi pangan berbasis sorgum masih sebatas bahan sumber karbohidrat. Namun, ke depan diharapkan dapat menjadi komponen penting pangan fungsional sehingga meningkatkan citra sorgum sebagai bahan pangan superior. 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 tereksplorasi dalam produk siap konsumsi (Suarni dan Subagio 2013).

TEKNOLOGI PENGOLAHAN SORGUM

Teknologi pengolahan sorgum dari biji kering menjadi bahan setengah jadi (sosoh, tepung) relatif sederhana, tetapi untuk menjadi pati memerlukan perlakuan ekstraksi yang agak sulit. Proses penyosohan biji sorgum menjadi biji sosoh dapat menggunakan alat penyosoh mekanis rancangan Balitsereal (Prastowo *et al.* 1996).

Pengaruh Penyosohan dan Penepungan terhadap Komposisi Proksimat dan Tanin Sorgum

Hasil penelitian menunjukkan rendemen sorgum sosoh varietas Span (81%) lebih tinggi dibanding varietas Kawali (72%) dan Numbu (71%) (Tabel 6). Biji sorgum varietas Span lebih keras, sehingga waktu penyosohan biji mudah tersosoh dan tidak banyak yang hancur. Kadar air bahan berpengaruh terhadap proses penyosohan, dianjurkan kadar air bahan kurang dari 14%. Sesuai hasil penelitian Suardi *et al.* (2002), kadar air bahan yang akan disosoh berpengaruh terhadap proses penyosohan sorgum maupun jagung.

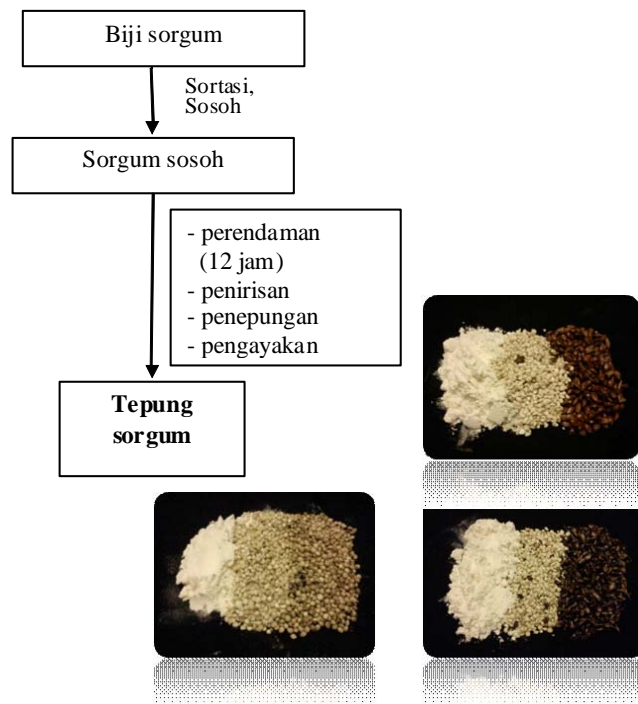
Pada kadar air 14%, penyosohan mengalami kesulitan dalam hal pelepasan aleuron dan lembaga. Hasil sosohan lebih banyak bersatu dengan dedak kasar dan dedak halus, sehingga rendemen sorgum sosoh relatif rendah. Oleh karena itu, sebelum penyosohan, bahan dikeringkan hingga kadar air di bawah 14%. Rendemen tepung sorgum dengan penepungan metode basah lebih tinggi dibanding metode kering. Hal ini disebabkan karena perendaman sorgum sosoh dengan metode basah menyebabkan granula pati, lemak, dan protein mengalami pengembangan dan perubahan struktur, sehingga biji menjadi lunak dan mudah ditepungkan, rendemen tepung lebih tinggi, dan tekstur lebih halus (Tabel 6). Proses tersebut berpengaruh terhadap kandungan nutrisi biji sorgum.

Tabel 6. Kandungan nutrisi, tanin biji dan tepung sorgum.

Varietas	Air (%)	Abu (% bb)	Protein (% bb)	Serat kasar (% bb)	Lemak (% 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: Suami dan Firmansyah (2005)

Dengan penepungan, kandungan protein dan nutrisi lainnya mengalami penurunan. Kandungan tanin (antinutrisi) pada biji sorgum turun di atas 60%. Tepung yang diperoleh dengan metode kering kadar menghasilkan tanin rendah. Dengan metode basah, kandungan tanin tidak terukur. Senyawa tanin (polifenol) merupakan antinutrisi dalam bahan pangan sorgum, yang dapat menghambat penyerapan nutrisi, seperti protein dalam proses enzimatis (Winarno 2002).



Gambar 2. Pembuatan Tepung Sorgum

Catatan: Saringan tepung bervariasi 70 mesh (kue tradisional), 80 mesh (cookies dan sejenisnya), 90 dan 100 mesh (cake, mie, roti dan sejenisnya).

Perendaman: Dalam air 12 jam, atau dengan larutan NaHCO_3 0,2% 6 jam

Dalam proses pengolahan biji sorgum menjadi biji tersosoh dan selanjutnya menjadi tepung, terjadi penurunan kadar nutrisi terutama protein. Kadar protein biji sorgum tiga varietas dari semula 7,95-8,07% turun menjadi 6,05-6,68% dalam bentuk tepung metode basah, dan 6,55-7,02% dalam metode kering. Perbedaan ini disebabkan pada metode basah, protein larut dalam air rendaman dan terbuang pada saat pencucian sorgum sosoh sebelum ditepungkan. Penelitian sebelumnya menunjukkan kadar protein sorgum varietas UPCAS1 dan Isiap Dorado turun drastis akibat proses pengolahan biji secara kering menjadi tepung (Mudjisihono 1994, Suarni dan Patong 2002). Hal ini disebabkan karena kandungan protein tertinggi biji sorgum yang terdapat pada bagian lapisan aleuron terkikis pada saat penyosohan (Suarni 2004a).

Keuntungan yang diperoleh dari proses penepungan adalah turunnya kadar tanin, dan pada bahan tepung dengan metode pengolahan basah tidak terukur lagi. Senyawa tanin tidak diinginkan tersisa dalam bahan karena selain menurunkan mutu warna produk olahan juga menurunkan nilai gizi makanan (Winarno 2002).

Kisaran kadar lemak sorgum sosoh berkisar antara 1,15-1,82%, turun menjadi 1,02-1,35% dalam bentuk tepung. Rendahnya kadar lemak pada bahan tepung menguntungkan dalam hal penyimpanan. Senyawa lemak pada bahan dapat mempercepat munculnya rasa tengik akibat oksidasi lemak dan kadar air meningkat, sehingga kondisi bahan menjadi rusak, baik fisik maupun kadar nutrisinya.

Pemanfaatan sorgum dalam bentuk tepung lebih menguntungkan, karena dapat dibuat berbagai ragam olahan makanan. Kelemahan bentuk tepung pada produk akhir seperti kue kering yaitu adanya rasa sepat. Rasa sepat sulit dihilangkan dalam proses pembuatan tepung, karena tanin lolos dalam penyaringan. Senyawa kimia tersebut merupakan antinutrisi yang tidak diinginkan dalam makanan.

Pengaruh Penyosohan terhadap Komposisi dan Sifat Fungsional Tepung Sorgum

Pemanfaatan biji sorgum sebagai bahan pangan harus melalui tahapan penyosohan untuk memperoleh beras sorgum (sorgum sosoh) dan penggilingan untuk menghasilkan tepung sorgum. Penyosohan meningkatkan palatabilitas atau citarasa produk olahan sorgum, namun menurunkan sebagian komponen dan sifat fungsional sorgum.

Proses 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 memungkinkan sebagai sumber serat pangan. Kadar serat pangan cukup bervariasi, berkisar antara 2-9% (Dicko *et al.* 2006). Hubungan serat pangan dengan pencegahan penyakit degeneratif telah banyak dilaporkan. Serat pangan dapat mencegah kanker usus besar (*colon cancer*) dan polip dalam usus besar (*diverticulitis*), juga menurunkan kadar kolesterol dalam darah (*hipercholesterolemia*).

Sifat Fisikokimia dan Fungsional Tepung Sorgum

Untuk memanfaatkan sorgum sebagai bahan pangan, karakteristik fisikokimia pati setiap varietas sangat penting agar pemilihan varietas lebih sesuai dengan produk yang diinginkan. Pemanfaatan sorgum untuk berbagai produk olahan umumnya dalam bentuk tepung. Suarni dan Zakir (2000) telah mengevaluasi sifat fisikokimia tepung sorgum dengan perlakuan substitusi tepung terigu dalam beberapa konsentrasi tahap substitusi, menggunakan tepung sorgum UPCA-S1. Tingkat substitusi tepung sorgum yang masih dapat ditoleransi adalah hingga 10% dengan kadar gluten 10,91%, nilai pengendapan 25,8 ml, aktivitas diastatik 394 mg maltosa/10g tepung, dan kadar amilosa 25,9%. Untuk produk roti tawar dan mie, toleransi substitusi tepung sorgum berkisar antara 10-20%. Penambahan surfaktan pada adonan substitusi tepung sorgum terhadap terigu berkisar antara 25-30% untuk produk roti tawar (Suarni dan Zakir 2003).

Suarni dan Firmansyah (2005) mengevaluasi sifat fisikokimia dan amilograf tepung sorgum varietas Kawali, Numbu, dan Span. Penepungan menggunakan metode basah dengan tahapan proses penyosohan, perendaman, penirisan, selanjutnya penepungan dan pengeringan tepung dengan sinar matahari hingga kadar air di bawah 12%. Kelebihan metode basah adalah rendemen tepung lebih tinggi, tekstur tepung lebih halus, dan kadar tanin sangat rendah. Sifat fisikokimia dan amilograf tepung dari tiga varietas sorgum disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Sifat fisikokimia dan rendemen tepung sorgum.

Varietas	DSA (%)	DSM (%)	Emulsi (%)	Derajat putih	Rendemen		Tekstur
					Amilosa (%)	tepung (%)	
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

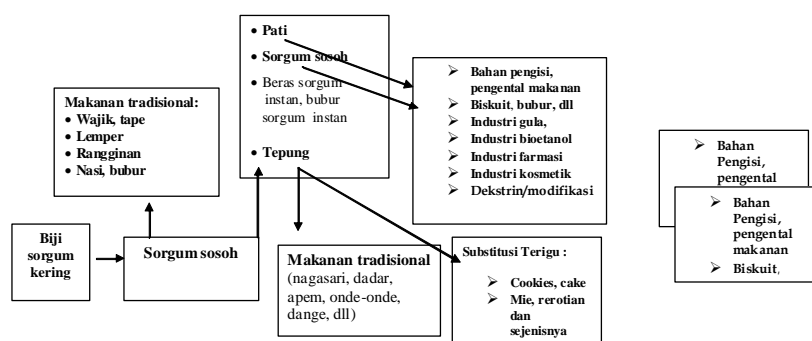
DSA=Daya Serap Air; DSM=Daya Serap Minyak
Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005)

Tabel 9. Sifat amilograf tepung sorgum.

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

BU=Brabender Unit

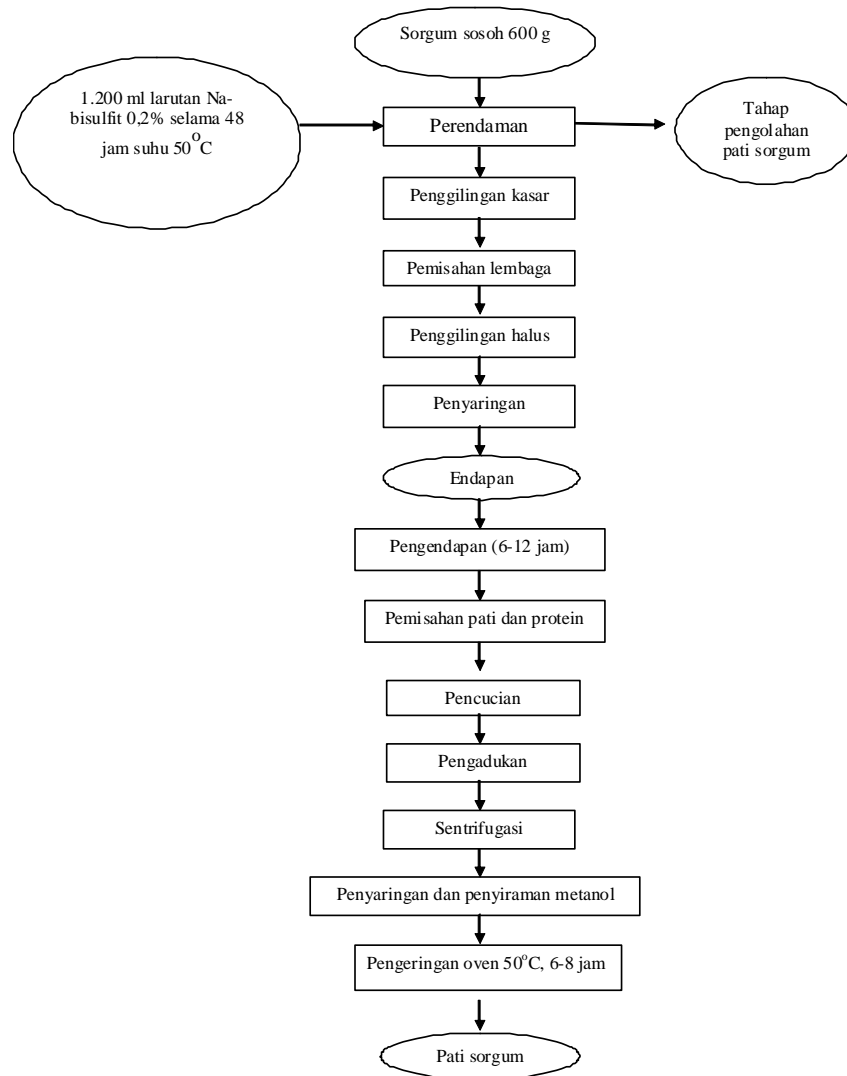
Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005)



Gambar 3. Tahapan diagram pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan dan industri
 Sumber: suarni 2010

Kandungan amilosa tepung tiga varietas sorgum termasuk sedang, sesuai untuk pangan, mendekati terigu (20-25%). Rasio amilosa dan amilopektin sangat menentukan produk akhir bahan makanan. Sifat amilograf bahan pangan menjadi dasar pemilihan varietas sorgum yang sesuai dengan produk yang diinginkan. Proses awal gelatinisasi dibutuhkan waktu 31 menit. Suhu awal gelatinisasi tepung ke tiga varietas berkisar antara 72,5-76,5°C (Tabel 9).

Hingga saat ini Indonesia masih mengimpor pati/dekstrin dalam bentuk pati alami maupun yang telah dimodifikasi, pada hal sorgum termasuk sumber pati yang memadai. Pembuatan pati sorgum relatif lebih sulit dibanding tepung, yaitu melalui proses sortasi, penyosohan, perendaman, dan ekstrak pati dengan berbagai metode. Tahapan pengolahan sorgum sosoh menjadi pati disajikan pada (Gambar 4).



Gambar 4. Tahapan proses pengolahan pati sorgum sebagai bahan pangan dan industri
 Sumber: Suarni (2010)

Pemanfaatan Sorgum (Sosoh, Tepung dan Pati)

Biji sorgum dalam bentuk sosoh dapat diolah menjadi makanan tradisional, antara lain wajik, tape, dan rangginan (sorgum ketan). Hal ini menunjukkan sorgum dapat mensubsititusi beras ketan yang harganya relatif mahal Rp 11.000/kg (Suarni 2010). Sorgum pulut juga dapat dibuat brem (Widowati

et al. 1996), sedangkan sorgum nonpulut diolah menjadi tortilla sorgum, berondong sorgum, nasi sorgum, dan bubur sorgum. Teknologi instanisasi menghasilkan nasi sorgum instan, bubur sorgum instan. Nasi sorgum instan mengandung 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%, yang menghasilkan energi 403 kkal/100 g (Widowati *et al.* 2010).

Di Indonesia telah tersedia resep pemanfaatan tepung sorgum menjadi aneka produk makanan, seperti mi, rotian, aneka cake, ragam cookies dan brem serta makanan tradisional (apem, nagasari, dodol, dadar, onde-onde dan lainnya) (Mudjisihono dan Damardjati 1987, Mudjisihono 1994, Ginting dan Kusbiantoro 1995, Widowati *et al.* 1995, Suarni dan Prastowo 1995, Suarni 2004a).

Penambahan bumbu spekek (terdiri dari rempah-rempah) dapat menekan rasa sepat, berkhasiat untuk kesehatan, dan berfungsi menambah rasa spesifik produk olahan kue kering. Penambahan 0,5-1 sendok teh bumbu spekek pada resep standar olahan cukup efektif menekan rasa sepat dengan tingkat penerimaan “baik” oleh responden (Suarni 2009).

Kelebihan terigu adalah kandungan glutennya yang prima dan tidak dimiliki oleh tepung sorgum. Hal ini justru menjadikan olahan berbasis tepung sorgum sesuai dengan konsumen penderita alergi gluten (Schober *et al.* 2007). Hal ini merupakan nilai tambah bagi produk olahan berbasis tepung sorgum.

Mutu tepung sorgum dapat diperbaiki dengan metode enzimatik. Modifikasi tepung dengan enzim α -amilase dari kecambah kacang hijau menunjukkan perbaikan sifat fisikokimia tepung sorgum dan peningkatan nilai nutrisinya, terutama kadar proteinnya menjadi 14,5% untuk varietas Kawali. Kecambah kacang hijau yang kaya nutrisi dan pangan fungsional terbawa ke dalam tepung sorgum termodifikasi yang sesuai untuk produk olahan bertekstur lunak (Suarni dan Ubbe 2005).

Sorgum sebagai sumber pati dapat dijadikan bahan baku industri dekstrin, gula, bioetanol, farmasi, dan kosmetik. Pati sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi, pengental makanan, dapat dibuat bubur, biskuit, dan olahan sejenisnya. Komposisi rasio amilosa/amilopektin adalah 25% : 75% pada varietas Numbu dan Kawali yang sesuai untuk industri produk olahan tersebut.

Sorgum memiliki komposisi pati 70-80% (Suarni 2004c), yang potensial sebagai bioetanol bahan bakar nabati. Pati sorgum dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi. Metode hidrolisis dapat dilakukan dengan katalis asam dan secara enzimatik. Metode hidrolisis secara enzimatik lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan

dibandingkan dengan katalis asam. Proses hidrolisis secara enzimatis terbagi menjadi dua, yaitu liquifikasi dan sakarifikasi. Setelah dihidrolisis, glukosa fermentasi ditambah *yeast* sehingga diperoleh bioetanol. Liquifikasi dan fermentasi merupakan salah satu proses yang penting dalam konversi sorgum menjadi bioetanol. Liquifikasi merupakan proses mengubah pati menjadi gula kompleks (dekstrin), sedangkan sakarifikasi mengubah dekstrin menjadi gula sederhana (glukosa).

Herlinda (2011) menggunakan *Yeast Pichia Stipitis* dalam proses fermentasi setelah dilakukan hidrolisis pati sorgum. Pemilihan *yeast* dalam proses fermentasi juga berpengaruh terhadap hasil fermentasi. Karakteristik dari setiap *yeast* dalam memfermentasikan gula menjadi bioetanol berbeda-beda. Gula digunakan oleh *yeast* untuk beraktivitas sehingga menghasilkan bioetanol sebagai metabolit primer.

PENUTUP

Komposisi kimia dan nutrisi biji sorgum setara dengan sereal lainya seperti jagung, beras, dan terigu. Sogum potensial sebagai bahan diversifikasi pangan, baik makanan pokok maupun kudapan. Varietas sorgum nonpulut beramilosa sedang seperti Span, Kawali, dan Numbu dalam bentuk tepung berperan penting sebagai bahan substitusi terigu.

Pati sorgum dapat digunakan sebagai bahan industri bioetanol, dekstrin, gula, farmasi, kosmetik, dan lainya. Tanaman sorgum potensial sebagai bahan baku bioethanol, baik dari pati dan nira maupun ampas produk olahan.

Sorgum dengan kandungan tanin menjadikannya sebagai bahan pangan spesifik. Dalam kadar rendah, tanin sorgum berfungsi sebagai antioksidan, tetapi dalam konsentrasi tinggi sebagai antinutrisi. Dengan adanya tanin dan antosianin yang bersifat senyawa antioksidan serta kaya akan serat pangan, sorgum merupakan bahan pangan fungsional yang prospektif.

Hasil penelitian terutama pemanfaatan sorgum telah banyak, namun belum banyak diadopsi masyarakat. Hal ini perlu pemikiran, terutama terkait dengan aspek sosial-ekonomi dan penyuluhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Awika, J.M. and L.W. Rooney. 2004. Review: sorghum phytochemical and their potential impact on human health. *J. Phytochemistry* 65: 1199-1221.
- Awika, J.M., L.W. Rooney, and R.D. Waniska. 2004. Anthocyanins from black sorghum and their oxidant properties. *J. Food Chemistry* 90:293-301.
- Astawan, M. dan T. Wresdiyati. 2004. Diet sehat dengan makanan berserat. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- DEPKES RI (Departemen Kesehatan Republik Indonesia). 1992. Daftar komposisi bahan makanan. Jakarta: Bhratara.
- 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. *African Journal of Biotechnology* 5(5):384-395.
- Elefatio, T., E. Matuschek, and U.L.V. Svanberg. 2005. Fermentation and enzym treatment of tannin sorghum gruels: effect on phenolic compounds, phytate and in vitro accessible iron.
- FSD (Food Security Department). 2003. Sorghum: post-harvest operations. <http://www.fao.org/inpho/compend/text/ch07.htm>.
- Ginting, E. dan B. Kusbiantoro. 1995. Penggunaan tepung sorgum komposit sebagai bahan dasar dalam pengolahan kue basah (*cake*). *Dalam Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Tanaman Industri*. Edisi Khusus Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (4):256-263.
- Harbone, J.B. 1996. Metode fitokimia cara modern menganalisis tumbuhan. Diterjemahkan Kokasih Padmawinata dan Iwang Sudiro. Edisi ke dua. ITB. Bandung. p. 102-108.
- Herlinda, Y., 2011. Pembuatan bioetanol dari nira sorgum dengan proses fermentasi menggunakan Yeast *Pichia Stipitis*. Skripsi. Universitas Riau.
- Hubbard, J.E., H.H. Hall, and F.R. Earle. 1968. Composition of the component parts of the sorghum kernel. *Cereal Chem.* 27: 415-420.
- Hurrell, F.R. and M.B. Reddy. 2003. Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. *The American J. of Clinical Nutrition* 77(5): 1213-1219.
- Karainova, M., D. Drenska, and R. Ochrov. 1990. A modification of toxic effects of platinum complexes with anthocyanins. *Eks. Med. Morfol.* 29:19-24.

- Klucinec, J.D. and D.B. Thompson. 1999. Amylose and amylopectin interact in retrogradation of dispersed high-amylose starches. *Journal Cereal Chem.* 76(2):282-291.
- Manach, C., A. Mazur, and A. Scalbert. 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *Curr Opin Lipidol.* 16:77-84.
- Mudjisiyono, R. 1994. Studi pembuatan roti campuran tepung jagung dan sorgum. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 4(1): 16-22.
- Mudjisiyono, R. dan D.S. Damardjati. 1987. Prospek kegunaan sorgum sebagai sumber pangan dan pakan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* VI(I):1-5.
- Mudjisiyono, R., S. Widowati, D.S. Damardjati dan N. Widaningsih. 1986. Pengaruh bentuk olahan terhadap mutu protein biji sorghum (*Sorghum vulgare*). *Media Penelitian Sukamandi.* p. 1986 : 30-34.
- Narsih, Yuniarta, dan Harijono. 2008. Studi lama perendaman dan lama perkecambahan sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) untuk menghasilkan tepung rendah tanin dan fitat. *Jurnal Teknologi Pertanian* 9(3):173-180.
- Noer, Z. 1992. Senyawa antigizi. Pusat Pangan Antar-Universitas. Pangan dan Gizi. UGM. Yogyakarta.
- Prastowo, B., Suarni, Y. Sinuseng, Suwardi, dan Subhana. 1996. Rekayasa teknologi mesin penepung sorgum dan jewawut. Hasil Penelitian dan Pengembangan Alat dan Mesin Pertanian. Tahun XV-1995/1996. hal. 77-98.
- Reddy, B.V.S., S. Ramesh, S.T. Borikar, and H. Sahib. 2007. ICRISAT-Indian NARS partnership sorghum improvement research: strategies and impacts. *Current Science* 92 (7):909-915.
- Schober T.J., S.R. Bean, and D.L. Boyle. 2007. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. *J. Agric. Food. Chem.* 55:5137-5146.
- Suardi, Suarni, dan A. Prabowo. 2002. Teknologi sederhana prosesing sorgum sebagai bahan pangan. *Prosiding Sem. Nasional BPTP Sulawesi Selatan.* p. 112-116.
- Suarni. 2009. Potensi tepung jagung dan sorgum sebagai substitusi terigu dalam produk olahan. *Iptek Tanaman Pangan* 4(2):181-193.
- Suarni. 2010. Jagung dan sorgum. Teknologi pengolahan serta diversifikasi berbagai produk olahan. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. 34 hal.
- Suarni. 2004a. Evaluasi sifat fisik dan kandungan kimia biji sorgum setelah penyosohan. *Stigma* XII (1):88-91.

- Suarni. 2004b. Komposisi asam amino penyusun protein beberapa sereal. *Stigma XII (3):352-355.*
- Suarni. 2004c. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 23(4):145-151.*
- Suarni dan B. Prastowo. 1995. Pemanfaatan tepung sorgum untuk industri pembuatan kue basah (cake). *Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri. Edisi Khusus Balitkabi No. 4. p. 264-272.*
- Suarni dan H. Subagio. 2013. Prospek pengembangan jagung dan sorgum sebagai sumber pangan fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 32(3):47-55.*
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2005. Potensi sorgum varietas unggul sebagai bahan pangan untuk menunjang agroindustri. *Prosiding Lokakarya Nasional BPTP Lampung, Universitas Lampung, Bandar Lampung. p. 541-546.*
- Suarni dan M. Hamdani. 2001. Potensi dan penurunan kuantitas kandungan gula nira beberapa varietas sorgum manis setelah panen. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber daya Alam untuk Mencapai Produktivitas Optimum. Unila. Bandar Lampung.*
- Suarni dan M. Zakir. 2000. Sifat fisikokimia tepung sorgum sebagai substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian 20(2): 58- 62.*
- Suarni dan M. Zakir. 2003. Pengaruh surfaktan terhadap sifat reologis adonan tepung campuran tepung sorgum dan terigu pada pembuatan roti tawar. *Risalah Penelitian Jagung dan Sereal Lain (8): 57-62.*
- Suarni dan R. Patong. 2002. Tepung sorgum sebagai bahan substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 21(1):43-47.*
- Suarni dan S. Singgih. 2002. Karakteristik sifat fisik dan komposisi kimia beberapa varietas/galur biji sorgum. *Stigma X (2):127-130.*
- Suarni dan U. Ubbe. 2005. Perbaikan kandungan nutrisi dan sifat fisikokimia tepung sorgum dengan enzimatis (α -amilase). *Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Tadulako dengan Forum Kerja sama Kimia KTI. p. 92-95.*
- Susilowati, A., Aspiyanto, S. Moemiati, dan Y. Maryati. 2009. Pengembangan pangan fungsional berbasis sorgum (*Sorghum bicolor* L.) untuk antikolesterol. <http://www.lipi.go.id/www.cgi/depan>. Diakses 1/12/2012.
- Wang, H., G. Cao, and R.L. Proir. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food. Chem. 45:304-309.*

- Widowati, S., D.S. Damardjati, dan Y. Marsudiyanto. 1996. Pemanfaatan sorgum sebagai bahan baku industri brem padat. Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri. Balitkabi. Malang.
- Widowati, S., R. Nurjanah dan W. Amrinola. 2010. Proses pembuatan dan karakterisasi nasi sorgum instan. Prosiding Seminar Nasional Pekan Serealia Nasional. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. Bogor. p. 17-23.
- Winarno, F.G. 2002. Kimia pangan dan gizi. Gramedia. Jakarta.