

# POTENSI PENGEMBANGAN JAGUNG DAN SORGUM SEBAGAI SUMBER PANGAN FUNGSIONAL

## *Potential of Corn and Sorghum Development as Functional Food Sources*

Suarni dan Herman Subagio

Balai Penelitian Tanaman Serealia

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

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

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

Diajukan: 30 April 2012; Disetujui: 6 Maret 2013

### ABSTRAK

Jagung dan sorgum merupakan serealia penting karena selain sebagai sumber karbohidrat, juga kaya akan komponen pangan fungsional. Berbagai antioksidan, unsur mineral terutama Fe, serat makanan, oligosakarida,  $\beta$ -glukan yang merupakan komponen karbohidrat *non-starch polysaccharides* (NSP) terkandung dalam biji jagung dan sorgum yang potensial sebagai sumber pangan fungsional. Jagung mengandung lemak esensial omega 3 dan 6, lisin, dan triptofan tinggi (QPM). Sementara sorgum mengandung tanin dan asam pitat yang memiliki efek negatif maupun positif bagi kesehatan. Sifat antioksidan tanin lebih tinggi dibanding vitamin E dan C, demikian juga antosianin sorgum lebih stabil. Kedua komoditas pangan tersebut mempunyai kesamaan dan kelebihan dalam kandungan komponen pangan fungsional. Selama ini, diversifikasi pangan berbasis jagung dan sorgum hanya sebatas sumber karbohidrat, tetapi ke depan dapat menjadi komponen pangan fungsional. Peluang pasar pangan fungsional di Indonesia makin terbuka seiring dengan perubahan gaya hidup dan pola makan yang mengarah hidup sehat.

**Kata kunci:** Jagung, sorgum, pangan fungsional

### ABSTRACT

Corn and sorghum are important cereals not only as sources of carbohydrates, but also as functional foods. Corn and sorghum contain a variety of antioxidants, mineral elements especially iron (Fe), dietary fiber, oligosaccharides,  $\beta$ -glucans, including non-starch polysaccharides (NSP) carbohydrate components, making them potential as sources of functional foods. The superiorities of corn are it contains essential fats omega 3 and 6, high lysine and tryptophan (QPM), while sorghum contains tannin, phytic acid that cause the negative and positive impacts on health. The antioxidant properties of tannin are better than vitamin E and C, and anthocyanin antioxidant of sorghum is more stable. These commodities have similarity and superiority in functional food components. During this time, corn and sorghum are only utilized as sources of carbohydrates, but in the future they have to be viewed as functional food components. Market opportunities for functional food in Indonesia are available in line with the changes in lifestyle and diets that lead to healthy living.

**Keywords:** Corn, sorghum, functional food

### PENDAHULUAN

**D**i Indonesia jagung dan sorgum merupakan tanaman serealia pangan kedua dan ketiga setelah padi. Walaupun potensi bahan pangan tersebut cukup besar dengan ketersediaan varietas beragam, baik lokal unggul maupun introduksi, pengembangannya sebagai pangan Nusantara bukanlah hal mudah. Banyak masalah dihadapi termasuk budaya, sosial, dan psikologis yang memandang beras sebagai makanan bergengsi (*superior food*), sedangkan jagung dan sorgum sebagai pangan inferior (*inferior food*), sementara gandum adalah bahan pangan impor yang sangat bergengsi.

Jagung dan sorgum merupakan bahan pangan pendamping beras yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap serealia lain, seperti gandum dan bahkan beras. Pemanfaatan jagung dan sorgum sebagai sumber pangan fungsional belum banyak tersentuh. Dalam diversifikasi pangan, jagung masih terbatas sebagai sumber karbohidrat (Suarni 2004a, 2009).

Pangan fungsional adalah bahan pangan yang mengandung komponen bioaktif yang memberikan efek fisiologis multifungsi bagi tubuh, antara lain memperkuat daya tahan tubuh, mengatur ritme kondisi fisik, memperlambat penuaan, dan membantu mencegah penyakit. Komponen bioaktif tersebut adalah senyawa yang mempunyai fungsi fisiologis tertentu di luar zat gizi dasar. Serat termasuk zat nongizi yang ampuh untuk memerangi kanker serta menjaga kolesterol dan gula darah tetap normal. Substitusi serat banyak digunakan dalam produk sereal yang menjadi menu favorit di negara Barat. Selain oligosakarida, pangan serealia sering ditambah bahan-bahan kaya serat lainnya (Wijaya 2002).

Jagung dan sorgum mengandung serat pangan yang dibutuhkan tubuh (*dietary fiber*) dan dapat memberi efek positif bagi kesehatan. Senyawa yang lebih menonjol dari sorgum dibanding jagung adalah polifenol. Sorgum mengandung tanin, terutama pada testa atau kulit biji yang berwarna gelap (cokelat, merah, hitam), yang

berdampak negatif sebagai bahan pangan maupun pakan. Tanin merupakan senyawa polifenol, dapat membentuk senyawa kompleks dengan protein sehingga menurunkan mutu dan daya cerna protein (Elefatio *et al.* 2005). Keberadaan tanin dapat menurunkan daya cerna karbohidrat maupun protein, sehingga tingkat absorpsi kedua komponen gizi tersebut di dalam tubuh menjadi rendah atau tidak sebanding dengan karbohidrat dan protein tersedia dalam biji sorgum. Walaupun demikian, dalam jumlah terbatas, tanin bermanfaat bagi tubuh karena bersifat antioksidan.

Kelebihan jagung sebagai pangan fungsional adalah mengandung lemak esensial omega 3 dan 6 serta asam amino lisin dan triptofan yang tinggi pada jagung *Quality Protein Maize* (QPM). Jagung yang dipanen muda dapat diolah menjadi berbagai produk makanan. Jagung pipilan kering dapat langsung diolah menjadi berbagai produk pangan, sedangkan biji sorgum harus melalui proses penyosohan terlebih dahulu.

Produk olahan jagung secara tradisional telah lama dikenal masyarakat Indonesia dan dengan sentuhan teknologi pengolahan dapat dihasilkan produk semi-tradisional hingga modern. Untuk sorgum, produk olahannya masih sangat terbatas sehingga perlu mendapat perhatian dengan mengkaji kekayaan komponen pangan fungsionalnya. Warna jagung dan sorgum yang beragam, yakni putih, kuning, merah, jingga, ungu, dan hitam untuk jagung serta krem, putih-krem, cokelat, hitam, dan merah pada sorgum, menunjukkan kandungan senyawa pigmen antosianin (antosianidin, aglikon, glukosida), karotenoid, dan lainnya. Unsur mineral terutama Fe, serat makanan, oligosakarida,  $\beta$ -glukan yang termasuk komponen karbohidrat *non-starch polysaccharides* (NSP) terdapat dalam biji jagung dan sorgum sehingga prospektif sebagai sumber pangan fungsional.

Berbagai keunggulan jagung dan sorgum tersebut diharapkan dapat mengangkat citra pangan jagung dan sorgum dari bahan pangan kurang bergengsi menjadi bahan pangan superior. Peluang pasar pangan fungsional di Indonesia makin terbuka seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat dan pola makan yang mengarah ke hidup sehat.

Tulisan ini bertujuan untuk mengangkat citra komoditas jagung dan sorgum sebagai bahan pangan sehat Nusantara atau sumber bahan pangan fungsional. Ke depan diharapkan penelitian dapat menghasilkan aneka produk pangan fungsional untuk menyediakan alternatif pilihan bagi masyarakat.

## PANGAN FUNGSIONAL DAN KESEHATAN

Pangan fungsional adalah bahan pangan yang berpengaruh positif terhadap kesehatan seseorang, penampilan jasmani dan rohani, selain kandungan gizi dan cita rasa yang dimiliki. Dengan demikian, faktor nilai

tambah bagi kesehatan yang diperoleh karena adanya komponen aktif pada bahan pangan tersebut merupakan keharusan. Fungsi bahan pangan tidak lagi dua, tetapi menjadi tiga, yaitu segi nutrisi, cita rasa, dan kemampuan fisiologis aktifnya (Losso 2002; Wijaya 2002).

Produk pangan fungsional juga dapat berupa produk yang diperkaya dengan komponen-komponen fitokimiawi nirgizi, komponen aktif yang dapat bersifat sebagai antioksidan karena kemampuannya sebagai antikanker, antipenuaan, antihiperlipidemia, antitrombotik, antivirus, dan antiangiogenik terkait penyakit jantung koroner dan stroke. Produk pangan ini umumnya kaya akan komponen bahan aktif seperti karotenoid, likopen, terpenoid, flavonoid, dan fenolik lain yang termasuk kelompok katekin dari teh hijau yang berkhasiat mencegah penuaan dan risiko kanker (Irawan dan Wijaya 2002; Sloan 2002). Komponen senyawa tersebut terdapat dalam ragam warna jagung dan sorgum (Suarni dan Widowati 2007; Suarni dan Yasin 2011).

Departemen Kesehatan dan Kesejahteraan Jepang mengelompokkan senyawa dalam makanan fungsional (nutrisi dan nonnutrisi) menjadi 12 komponen, yaitu serat pangan, oligosakarida (prebiotik), gula alkohol, glikosida, protein tertentu, vitamin, kolin, lesitin, bakteri asam laktat (probiotik), asam lemak tak jenuh rantai panjang, mineral, fitokimia, dan antioksidan. Komponen tersebut memberikan fungsi fisiologis bagi tubuh sehingga berpengaruh positif bagi kesehatan. Fungsi fisiologis yang dimaksud antara lain mencegah timbulnya penyakit, meningkatkan daya tahan tubuh, mengatur kondisi ritme fisik tubuh, memperlambat proses penuaan, dan menyehatkan kembali (Sloan 2002).

Beragamnya warna biji jagung dan sorgum menunjukkan kekayaan senyawa pigmen antosianin (antosianidin, aglikon, glukosida), karotenoid, dan lainnya. Beberapa komponen pangan fungsional, komponen nongizi dan gizi yang terkandung dalam jagung dan sorgum disajikan pada Tabel 1.

Keberadaan serat makanan dalam menu sehari-hari dapat menjaga dan meningkatkan fungsi saluran cerna serta menjaga kesehatan tubuh, terutama untuk menghindari berbagai penyakit degeneratif, seperti obesitas, diabetes melitus, dan penyakit kardiovaskuler (Sardesai 2003). Berdasarkan kemampuannya untuk larut dalam air, serat makanan dikelompokkan ke dalam serat larut (*soluble fiber*) dan serat tidak larut (*insoluble fiber*). Serat larut meliputi pektin, gum,  $\beta$ -glukan, selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Wildman dan Medeiros 2000). Diperkirakan sepertiga serat makanan total (*total dietary fiber/TDF*) adalah serat makanan larut, sedangkan yang terbanyak adalah serat tidak larut (Gordon 1989).

Nilai kecukupan asupan serat makanan yang dianjurkan untuk orang Indonesia dewasa adalah 20–35 g/hari. Walaupun nilai kecukupan yang dianjurkan untuk orang Indonesia dewasa cukup tinggi, hasil survei di lapangan menunjukkan bahwa asupan rata-rata serat makanan orang dewasa di Indonesia hanya 10,5 g/hari

**Tabel 1. Komponen pangan fungsional jagung dan sorgum.**

Unsur pangan fungsional	Jagung	Sorgum	Manfaat bagi kesehatan
Serat pangan	Tinggi <sup>1</sup>	Agak tinggi	Mencegah kanker, menjaga kolesterol dan gula darah, mencegah obesitas, dll. <sup>2</sup>
Asam lemak esensial	Tinggi <sup>1</sup>	Agak rendah	Tumbuh kembang sistem syaraf, termasuk otak, dll <sup>3</sup> .
$\beta$ -karoten (pro vitamin A)	Tinggi (jagung kuning)	Rendah (Sorgum coklat merah)	Antikanker, antipenuaan, anti-hiperlipidemia, antitrombotik, antivirus
Antosianin	Tinggi (jagung ungu/merah)	Tinggi (Sorgum hitam, coklat, merah) <sup>4</sup>	Antiangiogenik terkait penyakit jantung koroner
Asam amino (lisin, triptofan)	Tinggi (jagung QPM) <sup>6</sup>	Rendah	Membangun hubungan silang protein (kolagen, elastin) dan biosintesis karnitin, prekursor serotonin/nikotinamid (vit. B) dll

Sumber: <sup>1</sup>Bressani (1990); <sup>2</sup>Sardesai (2003); <sup>3</sup>Bourre *et al.* (1992); <sup>4</sup>Awika dan Rooney (2004); <sup>5</sup>Karainova *et al.* (1990); <sup>6</sup>Manach *et al.* (2005); <sup>6</sup>Vasal (2001).

(Direktorat Gizi Masyarakat 2000). Nilai anjuran the National Cancer Institute di Amerika Serikat adalah 20–30 g serat makanan per hari dengan jumlah maksimal 35 g/hari.

## KOMPONEN PANGAN FUNGSIONAL PADA JAGUNG

Jagung mengandung serat pangan yang tinggi. Kandungan karbohidrat kompleks pada biji jagung terutama terdapat pada perikarp dan tipkarp, dan pada dinding sel endosperma, dan dalam jumlah kecil pada dinding sel lembaga (Bressani 1990). Kulit ari (*bran*) jagung terdiri atas 75% hemiselulosa, 25% selulosa, dan 0,1% lignin (bk) (Burge dan Duensing 1989). Kadar serat pangan pada jagung tanpa kulit ari (*dehulled*) sangat rendah dibanding biji utuh (Suarni dan Widowati 2007). Pengolahan tepung jagung menghasilkan bekatul yang bernutrisi tinggi, termasuk serat pangannya. Oleh karena itu, pada pembuatan kue kering dan sejenisnya, bekatul dapat dibuat tepung dan ditambahkan pada adonan (Suarni 2006). Kandungan serat pangan pada jagung disajikan pada Tabel 2.

Upaya untuk meningkatkan nilai gizi jagung telah mendapat perhatian berbagai institusi penelitian nasional dan internasional. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT) telah menghasilkan jagung baru yang merupakan kombinasi dari jagung yang mempunyai mutu gizi sangat bagus *Opaque-2* dengan struktur biji jagung konvensional, yang diberi label *quality-protein maize* (QPM). Keunggulan jagung QPM adalah kandungan lisin dan triptofannya lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa. Badan Litbang Pertanian juga menghasilkan varietas jagung untuk pangan yang diberi nama Srikandi Kuning dan Srikandi Putih (QPM). Jagung QPM mempunyai kandungan asam amino lisin dan triptofan dua kali lipat dari jagung biasa (Vasal 2001). Komposisi asam amino jagung Srikandi dan lokal non-Pulut disajikan pada Tabel 3.

Meskipun QPM mengandung protein relatif sama dengan jagung biasa, di dalam tubuh protein jagung QPM dapat dimanfaatkan 2–3 kali lipat dibanding jagung biasa karena mutu dan nilai biologi proteinnya jauh lebih tinggi. Protein jagung (8–11%) terdiri atas lima fraksi, yaitu albumin, globulin, prolamin, glutelin, dan nitrogen non-protein. Perbedaan QPM dengan jagung biasa yaitu pada proporsi fraksi protein. Fraksi globulin (merupakan zein II)

**Tabel 2. Kandungan serat pangan larut dan tidak larut pada jagung biasa dan *quality protein maize* (QPM).**

Tipe jagung	Serat pangan (%)		
	Tidak larut	Larut	Jumlah
Jagung biasa			
Dataran tinggi	10,94 ± 1,26	1,25 ± 0,41	12,19 ± 1,67
Dataran rendah	11,15 ± 1,08	1,64 ± 0,73	12,79 ± 1,81
QPM	12,22	2,01	14,23

Sumber: Bressani (1990).

**Tabel 3. Kandungan asam amino jagung Srikandi Kuning, Srikandi Putih, dan lokal non-Pulut.**

Komponen asam amino	Srikandi Putih-1 (%)	Srikandi Kuning-1 (%)	Lokal non-Pulut (%)
Aspartat	0,83	0,86	0,44
Glutamat	2,28	2,27	0,64
Serin	0,48	0,46	0,19
Histidin	0,45	0,43	0,49
Glisin	0,53	0,52	0,20
Treonin	0,34	0,31	0,11
Arginin	0,60	0,58	0,20
Alanin	0,89	0,87	0,19
Tirosin	0,36	0,34	1,05
Metionin	0,28	0,27	0,38
Valin	0,53	0,52	0,44
Fenilalanin	0,54	0,55	1,58
I-Leusin	0,48	0,49	0,13
Leusin	1,41	1,39	0,24
Lisin	0,43	0,43	0,20
Triptofan	0,13	0,12	0,04

Sumber: Suarni *et al.* (2010).

pada jagung biasa (31%) jauh lebih tinggi dibanding QPM (6%) (Vasal 2001). Zein miskin akan lisin dan triptofan, yang merupakan asam amino pembatas pada jagung. Oleh karena itu, mutu protein QPM (82%) jauh lebih tinggi dibanding jagung biasa (32%), beras (79%), dan gandum (39%) (Ortega *et al.* 1986).

Suhu pengeringan dan faktor genetik dan lingkungan memengaruhi komposisi kimia dan sifat fungsional jagung (Suarni *et al.* 2008). Vitamin A atau karotenoid dan vitamin E terdapat dalam jagung, terutama jagung kuning. Hasil penelitian menunjukkan suhu pengering berpengaruh terhadap komposisi pangan fungsional jagung QPM (Tabel 4).

Jagung Srikandi Kuning mengandung  $\beta$ -karoten 0,84 mg/100 g dan asam lemak tak jenuh 3,93%, dan Srikandi Putih 3,12%. Asam lemak pada jagung meliputi asam lemak jenuh (palmitat dan stearat) dan asam lemak tak jenuh (oleat dan linoleat), dan pada QPM terkandung linolenat (Bressani 1988). Linoleat dan linolenat merupakan asam lemak esensial. Lemak jagung terkonsentrasi pada lembaga, sehingga dari segi gizi dan sifat fungsionalnya, mengonsumsi jagung utuh lebih baik daripada jagung

yang telah dihilangkan lembaganya (Suarni dan Widowati 2007).

Informasi potensi jagung sebagai bahan pangan fungsional memberi petunjuk untuk melihat komoditas ini menjadi pangan sehat yang terjangkau semua kalangan status sosial (Suarni 2009). Selain itu, jagung Srikandi Putih dan Srikandi Kuning mengandung mineral yang relatif tinggi (Tabel 5).

Jagung mengandung vitamin A atau karotenoid dan vitamin E, terutama jagung kuning-merah. Badan Litbang Pertanian telah melepas varietas jagung berprotein tinggi yaitu Provit A1 dengan kadar  $\beta$ -karoten 0,081 ppm. Selain fungsinya sebagai zat gizi mikro, vitamin berperan sebagai antioksidan alami yang dapat meningkatkan imunitas tubuh dan menghambat kerusakan degeneratif sel. Senyawa  $\beta$ -karoten selain memiliki aktivitas vitamin A juga dapat memperlambat penuaan, mencegah penurunan kekebalan, kanker, penyakit jantung, stroke, katarak, sengatan matahari, serta gangguan otot (Mayne 1996). Hongmin *et al.* (1996) mengemukakan  $\beta$ -karoten dapat menangkap serangan radikal bebas, yang dianggap sebagai pemicu tumor dan kanker.

**Tabel 4. Pengaruh suhu pengeringan terhadap kadar  $\beta$ -karoten dan asam lemak pada jagung.**

$\beta$ -karoten, asam lemak, protein	Suhu pengeringan							
	40°C		50°C		60°C		Sinar matahari	
	QPM 1 (%)	QPM 2 (%)	QPM 1 (%)	QPM 2 (%)	QPM 1 (%)	QPM 2 (%)	QPM 1 (%)	QPM 2 (%)
$\beta$ -karoten (mg/100 g)	0,84	–	0,69	–	0,63	–	0,76	–
Asam lemak jenuh	1,54	1,33	1,16	1,08	0,10	0,21	1,61	1,10
Asam lemak tak jenuh	3,93	3,12	3,39	2,28	0,61	0,33	5,05	2,31
Protein	9,22	9,50	8,98	9,04	7,99	8,21	9,01	9,09

QPM 1= Srikandi Kuning, QPM 2 = Srikandi Putih (Sumber: Suarni *et al.* 2008).

**Tabel 5. Komponen mineral (mg/100 g) jagung Srikandi Putih dan Srikandi Kuning.**

Varietas	Ca	Mg	P	K	Na
Srikandi Putih	37,29	212	126	337	14,5
Srikandi Kuning	39,78	186	123	299	16,5

Sumber: Suarni *et al.* (2010).

Jagung ungu dan merah mengandung senyawa antosianin. Antosianin termasuk komponen flavonoid, karotenoid, antoxantin,  $\beta$ -sianin. Sebagai komponen pangan fungsional, antosianin mempunyai fungsi kesehatan yang sangat baik. Beberapa ahli menyatakan fungsi komponen antosianin bagi kesehatan antara lain sebagai antioksidan (Wang *et al.* 1997), antikanker (Karainova *et al.* 1990), dan mencegah penyakit jantung koroner (Manach *et al.* 2005). Hal ini sangat menarik untuk meneliti dampak positif senyawa tersebut, terutama pada masyarakat yang mengonsumsi jagung kuning lokal seperti di daerah Gorontalo.

## KOMPONEN PANGAN FUNGSIONAL SORGUM

Sorgum belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber pangan fungsional. Dalam diversifikasi pangan, sorgum masih terbatas sebagai sumber karbohidrat (Suarni 2004b), padahal sorgum mengandung serat pangan yang dibutuhkan tubuh untuk mencegah penyakit jantung dan obesitas, menurunkan hipertensi, menjaga kadar gula darah, dan mencegah kanker usus. Pada penyakit kardio vaskuler (jantung koroner), serat pangan berfungsi mengikat asam empedu sehingga menurunkan kadar kolesterol darah. Beberapa senyawa fenolik sorgum memiliki aktivitas antioksidan, antitumor, dan menghambat perkembangan virus sehingga bermanfaat bagi penderita penyakit kanker, jantung, dan HIV (Dicko *et al.* 2006b). Hasil penelitian Siller (2006) dan Schober *et al.* (2007) menunjukkan bahwa sorgum potensial dikembangkan sebagai pangan fungsional karena kandungan beberapa komponen kimia penyusunnya. Sorgum memiliki kandungan gluten dan indeks glikemik (IG) yang lebih rendah sehingga sangat sesuai untuk diet gizi khusus.

Kelebihan sorgum sebagai pangan fungsional dapat menjadi topik penelitian yang menarik seiring *trend* pangan yang mengarah ke pangan fungsional. Beberapa peneliti telah, sedang, dan akan menggali komponen pangan fungsional berbasis sorgum. Pengembangan pangan fungsional berbasis polisakarida dari sorgum untuk antikolesterol masih dalam tahap penelitian. Penelitian ini dilakukan untuk menggali potensi tepung sorgum sebagai sumber serat pangan larut dan tidak larut

dan pengaruhnya terhadap kolesterol (Susilowati *et al.* 2009).

Zakariah *et al.* (2009) meneliti produk berbasis tepung sorgum dan jewawut untuk antikanker. Hasilnya menunjukkan perilaku konsumen yang tertarik berkorelasi dengan nilai gizi yang terkandung dalam produk. Ekstrak glukukan tertinggi terdapat pada sorgum nonsosoh (12%) dan disosoh 20 detik (5%), sedangkan untuk jewawut pada sosohan 100 detik (3,8%). Ekstrak serat glukukan tertinggi berpengaruh nyata terhadap indeks stimulasi proliferasi sel limfosit dan berbeda nyata dengan kontrol. Indeks stimulan untuk sorgum adalah 1.714. Hal ini menandakan bahwa ekstrak glukukan dari sorgum dan jewawut mempunyai aktivitas imunomodulator dan dapat mencegah kanker.

Sorgum mengandung mineral Fe yang tinggi dan serat pangan yang kurang dimiliki gandum. Unsur mineral Fe sangat membantu dalam pembentukan sel darah merah. Selain itu sorgum kaya akan mineral Ca, P, dan Mg (Suarni dan Singgih 2002). Ca berfungsi dalam pembentukan tulang normal, fosfor untuk pemeliharaan pertumbuhan dan Mg untuk mempertahankan denyut jantung normal dan kekuatan tulang. Komponen aktif unsur pangan fungsional dalam biji jagung tidak berbeda jauh dengan biji sorgum, demikian juga manfaatnya bagi kesehatan (Suarni dan Yasin 2011). Kelemahan dan kelebihan sorgum serta interaksi dengan komponen lain sebagai bahan pangan fungsional disajikan pada Tabel 6.

Sorgum dianggap memiliki kekurangan karena mengandung tanin dan asam fitat. Senyawa tersebut merupakan antinutrisi yang memberikan efek merugikan dalam sistem pencernaan manusia (Elefatio *et al.* 2005). Tanin merupakan salah satu senyawa golongan polifenol. Tanin dapat mengikat protein alkaloid dan gelatin. Golongan fenol dicirikan oleh adanya 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 dalam berbagai jenis tumbuhan (Harbone 1996). Tanin secara umum didefinisikan sebagai senyawa polifenol yang memiliki berat molekul cukup tinggi (lebih dari 1.000), dapat membentuk kompleks dengan protein, dan mempunyai sifat antioksidan. Berdasarkan strukturnya, tanin dibedakan menjadi dua, yaitu tanin terkondensasi (*condensed tannins*) dan tanin terhidrolisis (*hydrolysable tannins*) (Harbone 1996; Hagerman *et al.* 1997).

**Tabel 6. Kelemahan dan keunggulan sorgum sebagai bahan pangan fungsional.**

Komponen pangan	Kelemahan	Keunggulan
Tanin <sup>1</sup>	Antinutrisi Komponen fenolik dapat berinteraksi dengan protein, terbentuk kompleks yang tidak larut dan dapat menurunkan daya cerna. Menghambat aktivitas enzim pencernaan. Rasa sepat, warna kusam pada produk akhir olahan	Antioksidan <sup>2</sup> (konsentrasi rendah) Lebih tinggi daripada vitamin A dan C
Antosianin <sup>2</sup>	–	Antioksidan Lebih stabil dibanding yang ada pada buah dan sayuran
Asam pitat <sup>3</sup>	Antinutrisi Dapat mengikat mineral dalam bentuk ion sehingga penyerapan mineral rendah	Asam pitat konsentrasi rendah <sup>4</sup> Pencegahan penyakit degeneratif seperti kanker
Sianogenik glikosida <sup>5</sup>	Hidrolisis terbentuk HCN Dapat larut selama perendaman atau perkecambahan	–
Selulosa, hemiselulosa <sup>6</sup> $\beta$ -glukan	–	Serat pangan yang dibutuhkan tubuh $\beta$ -glukan komponen karbohidrat non-starch polisakarida (NSP)

Sumber: <sup>1</sup>Karainova *et al.* (1990); <sup>2</sup>Awika dan Ronney (2004); <sup>3</sup>Hurrell dan Redy (2003), <sup>4</sup>Estepa *et al.* (1999); <sup>5</sup>Osuntogun *et al.* (1989); <sup>6</sup>Waniska (2000).

Tanin memiliki peran biologis yang kompleks karena sifatnya yang sangat kompleks, mulai dari kemampuan mengendapkan protein hingga pengkhelat logam (Hagerman *et al.* 1998). Tanin juga dapat berfungsi sebagai antioksidan biologis. Oleh karena itu, efek yang disebabkan oleh tanin tidak dapat diprediksi dan merupakan kontroversi. Beragam sifat tanin dan turunannya mulai dilirik para peneliti (Harbone 1996). Tanin biasanya berikatan dengan karbohidrat (tanin sorgum) membentuk jembatan oksigen, sehingga tanin dapat dihidrolisis dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Salah satu contoh tanin jenis ini adalah gallotanin yang merupakan senyawa gabungan dari karbohidrat dan asam galat. Selain membentuk gallotanin, dua asam galat akan membentuk tanin terhidrolisis yang disebut ellagitannin.

Ellagitannin sederhana disebut juga ester asam *hexahydroxydiphenic* (HHDP). Senyawa ini dapat terpecah menjadi asam galat jika dilarutkan dalam air (Hagerman *et al.* 1997). Metabolisme sekunder pada tumbuhan akan menghasilkan beberapa senyawa yang tidak digunakan sebagai cadangan energi, melainkan untuk menunjang kelangsungan hidupnya, seperti untuk pertahanan dari predator (Waniska *et al.* 1989).

Awika dan Ronney (2004) melaporkan bahwa tanin dalam sorgum lebih lambat dicerna dibanding sereal lain. Suarni dan Ubbe (2005) menunjukkan protein dan pati sorgum lebih lambat dicerna daripada sereal lain, sehingga sorgum cocok untuk penderita diabetes melitus dan obesitas. Perlakuan modifikasi tepung sorgum dengan enzim  $\beta$ -amilase menunjukkan senyawa tanin dalam tepung sorgum menghambat aktivitas enzim.

Beberapa senyawa seperti alkaloid, triterpen, dan golongan fenol dihasilkan dari metabolisme sekunder. Fungsi tanin pada tanaman adalah untuk mempertahankan diri dari serangan burung, hewan ruminansia, melindungi kecambah setelah panen, serta melindungi diri dari jamur dan cuaca. Hal ini karena sifat tanin yang larut dalam air dan mengikat protein secara kompleks untuk menimbulkan rasa tidak enak bagi makhluk hidup yang memakannya (Waniska *et al.* 1989).

Asam fitat merupakan bentuk penyimpanan fosfor yang terbesar pada tanaman sereal termasuk sorgum. Senyawa tersebut dapat mengikat mineral dalam bentuk ion sehingga ketersediaan mineral menjadi terganggu dan berkontribusi terhadap defisiensi mineral terutama zat besi. Pada biji sorgum, asam fitat terdapat dalam sel aleuron dengan konsentrasi 0,3–1,0% (Hurrell dan Reddy 2003). Menurut Noer (1992), kandungan asam fitat akan menurun pada biji yang berkecambah dan penurunan ini mengikuti umur kecambah. Asam fitat yang terdapat dalam biji digunakan sebagai sumber energi untuk proses perkecambahan, sedangkan garam fitat yang berupa kalsium-magnesium fitat berfungsi sebagai sumber kation untuk proses perkecambahan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengurangi senyawa tersebut dengan memberi perlakuan perkecambahan (Mamoudou *et al.* 2006). Narsih *et al.* (2008) menyatakan perlakuan perendaman selama 72 jam dan perkecambahan 36 jam menghasilkan sorgum dengan kadar tanin dan fitat terendah sehingga dapat diaplikasikan untuk berbagai produk pangan.

Pada proses penepungan dengan metode basah, terjadi fermentasi alami spontan pada saat perendaman.

Selain menghasilkan rendemen tepung tinggi dan tekstur tepung yang lebih halus, perendaman dapat melarutkan senyawa tanin (Suarni dan Firmansyah 2005). Selama perendaman, fermentasi terjadi oleh beberapa jenis bakteri penghasil asam laktat, seperti *Lactobacillus plantarum*, *Candida crusei*, dan *Lactobacillus delbruecki* (Ohenhen dan Ikenbomeh 2007). Fermentasi memberi efek positif karena menurunkan konsentrasi asam fitat dan tanin.

Antosianin merupakan salah satu flavonoid yang paling penting dipelajari pada biji sorgum. Struktur senyawa tersebut 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 (Awika *et al.* 2004). Keunikan tersebut menyebabkan antosianin pada sorgum lebih stabil pada pH tinggi dibanding pada buah-buahan atau sayuran yang berpotensi untuk zat pewarna alami makanan (Awika dan Rooney 2004).

Antosianin pada sorgum yang telah diidentifikasi adalah apigeninidin dan luteolinidin (Awika *et al.* 2004; Wu dan Prior 2005). Sorgum hitam mengandung apigeninidin dan luteolinidin paling tinggi (36–50%) dari total antosianin (Awika *et al.* 2004). Antosianin termasuk flavonoid, yaitu turunan polifenol yang memiliki fungsi bagi kesehatan, di antaranya sebagai antioksidan (Wang *et al.* 1997), pencegah jantung koroner dengan mencegah penyempitan pembuluh arteri (Manach *et al.* 2005), dan pencegah kanker (Karainova *et al.* 1990). Konsentrasi flavonoid biji sorgum relatif tinggi, sehingga antosianin dan turunannya berpotensi sebagai sumber antioksidan. Komponen fenolik sorgum disajikan pada Tabel 7.

## PROSPEK PENGEMBANGAN DAN KENDALANYA

Dari sudut pandang ketahanan pangan, produk olahan fungsional akan mengangkat citra makanan berbasis jagung dan sorgum sehingga diharapkan masyarakat akan menggemari produk-produk makanan berbasis jagung

dan sorgum. Hal ini akan mendukung program diversifikasi pangan dalam rangka mengurangi ketergantungan masyarakat pada beras menuju pola pangan harapan dengan pangan yang bergizi.

Dari aspek sosial ekonomi, produksi dan komersialisasi produk pangan fungsional dari jagung dan sorgum akan meningkatkan pendapatan masyarakat yang terkait dengan usaha komoditas ini. Hal ini akan mendorong petani jagung dan sorgum untuk meningkatkan produksi baik melalui intensifikasi maupun ekstensifikasi. Usaha lain yang terkait dengan kegiatan ini adalah industri-industri kecil pangan berbasis jagung, baik bahan setengah jadi maupun makanan siap konsumsi. Industri pangan berbasis jagung dan sorgum akan menyerap tenaga kerja, terutama di sentra-sentra pengembangan jagung dan sorgum.

Untuk meningkatkan produksi jagung dan sorgum telah tersedia varietas unggul baru hasil Badan Litbang Pertanian. Diharapkan pemulia tanaman dapat menghasilkan varietas unggul baru jagung untuk pangan yang bukan saja berdaya hasil tinggi, tetapi juga mempertimbangkan komponen pangan fungsional sebagai nilai tambah dan merupakan pangan sehat masa depan.

Kendala pengembangan sorgum sebagai pangan fungsional antara lain adalah kesulitan dalam penyosohan dan rendahnya mutu pangan sorgum akibat adanya tanin. Tanin bersifat antigizi, tetapi juga mengandung antioksidan, sehingga produk olahan sorgum dapat menjadi pangan fungsional. Perlu penelitian untuk menurunkan kandungan tanin dalam produk olahan sorgum hingga taraf yang dapat diterima konsumen, namun masih mempunyai efek fungsional bagi kesehatan.

Komponen-komponen fenolik biji jagung dan sorgum umumnya ditemukan pada bagian kulit ari, yaitu pada lapisan perikarp dan testa. Lapisan tersebut biasanya terbuang pada proses penyosohan. Dengan penyosohan yang tepat, diharapkan kehilangan berbagai komponen bioaktif jagung dan sorgum yang memiliki manfaat fungsional dapat diminimalkan, sehingga manfaatnya bagi kesehatan tetap dapat dinikmati oleh konsumen. Ke depan, diharapkan bahan setengah jadi jagung dan

**Tabel 7. Komponen fenolik pada biji sorgum.**

Komponen fenolik	Jumlah (mg/g bk)	Referensi
Antosianin	0– 2.000	Awika and Rooney (2004); Awika <i>et al.</i>
3-deoksiantosianin (epigenidin, luteolinidin, sianidin, malpidin delvinidin)	0– 4.000	(2004), Dicko <i>et al.</i> (2005)
Flavan-4-ol)	0– 1.300	Bate-Smith (1969); Audilakshmi <i>et al.</i> (1999); Dicko <i>et al.</i> (2005)
Proantosianidin (Flavan-3-ol, katekin, epikatekin, prosianidin)	0–68.000	Awika dan Rooney (2004); Dicko <i>et al.</i> (2005)

Sumber: Awika dan Rooney (2004); Dicko *et al.* (2005).

sorgum (sosoh, tepung, pati) tersedia dan mudah didapat oleh konsumen pengolah bahan, sehingga dapat mendukung industri produk pangan.

## KESIMPULAN

Jagung dan sorgum kaya akan antioksidan, mineral Fe, serat pangan, asam amino esensial, dan oligosakarida. Jagung mengandung lemak esensial omega 3 dan 6, lisin, dan triptofan (QPM). Sifat antioksidan tanin lebih tinggi daripada vitamin E dan C, serta lebih stabil. Komponen pangan fungsional sorgum dan jagung yang mengandung unsur bioaktif memberikan efek fisiologis multi-fungsi bagi tubuh dan membantu mencegah penyakit degeneratif.

Diversifikasi pangan berbasis jagung dan sorgum masih sebatas bahan sumber karbohidrat. Namun, ke depan diharapkan dapat menjadi komponen penting pangan fungsional sehingga meningkatkan citra jagung dan 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.

Ke depan, varietas unggul jagung dan sorgum berproduktivitas tinggi dan potensial sebagai pangan fungsional dapat tereksplorasi dalam produk siap konsumsi. Dari aspek sosial ekonomi, produksi dan komersialisasi produk pangan fungsional berbahan baku jagung dan sorgum akan meningkatkan pendapatan masyarakat yang terkait dengan usaha komoditas ini, yang selanjutnya akan menggairahkan usaha dan mendorong petani untuk meningkatkan produksi, baik melalui program intensifikasi maupun ekstensifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Awika, J.M. and L.W. Rooney. 2004. Review: Sorghum phytochemical and their potential impact on human health. *Phytochem.* 65: 1199-1221.
- Awika, J.M., L.W. Rooney, and R.D. Waniska. 2004. Anthocyanins from black sorghum and their oxidant properties. *J. Food Chem.* 90: 293-301.
- Bressani, R. 1988. Protein complementation of foods. In Karmas and R.S. Harris (Eds). *Nutritional Evaluation of Food Processing*. 3<sup>rd</sup> ed. Van Nostrand Reinhold Company, New York. pp. 627-657.
- Bressani, R. 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. *Food Rev. Int.* 6: 225-264.
- Burge, R.M. and W.J. Duensing. 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of combran. *Cereal Foods World* 34: 535-538.
- Bourre, J.M., O. Dumont, G. Pascal, and G. Durand. 1992. Dietary alpha-linolenic acid at 1.39/kg maintain maximal DHA concentration in brain, heart, and liver of adult rats. *J. Nutr.* 123: 1313-1319.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traore, W.J.H. van Berkel, and A.G.J. Voragen. 2005. Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. *J. Agric. Food Chem.* (53): 2581-2588.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traore, A.G.J. Voragen, and W.J.H. van Berkel. 2006b. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnol. Mol. Biol. Rev.* 1(1): 21-38.
- Direktorat Gizi Masyarakat. 2000. Pedoman pemantauan konsumsi gizi, Jakarta. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- 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.
- Estepa, R.M.G., E.G. Hernandez, and B.G. Vilanova. 1999. Phytic acid content in milled cereal product and bread. *Food Res. Int. Elsevier Sci.*
- Gordon. 1989. Functional properties and physiological action of total dietary fiber. *Cereal Food World* 34(7): 515-517.
- Hagerman, A.E., Y. Zhoo, and S. Johnson. 1997. Methods for determination of condensed and hydrolysable tannins. American Chemical Society, Washington D.C.
- Hagerman, A.E., K.M. Riedl, G.A. Jones, K.N. Sovik, N.T. Titchard, P.W. Hartzfied, and T.L. Riechel. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannin) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 46: 1887-1892.
- Harbone, J.B. 1996. Metode Fitokimia Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Diterjemahkan K. Padmawinata dan I. Sudiro. Edisi kedua. Penerbit ITB, Bandung. hlm. 102-108.
- Hurrell, F.R. and M.B. Reddy. 2003. Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. *Am. J. Clinical Nutr.* 77(5): 1213-1219.
- Hongmin, L., G. Xiaoding, and M. Daifu. 1996. Orange-flesh sweetpotato, a potential source for  $\beta$ -carotene production. In E.T. Rasco and V.R. Amante (Eds). *Sweetpotato. Selected Research Papers July 1995-June 1996*. Vol. 2. ASPRAD, Manila, Philippines. pp. 126-130.
- Irawan, D. and C.H. Wijaya. 2002. The potencies of natural food additives as bioactive ingredients. *Prosiding Kolokium Nasional Teknologi Pangan*, Semarang, 24 Juni 2002.
- Karainova, M., D. Drenska, and R. Ochrov. 1990. A modification of toxic effects of platinum complexes with anthocyanins. *Eks. Med. Morfol.* 29: 19-24.
- Losso, J.N. 2002. Preventing degenerative diseases by anti-angiogenic functional foods. *Food Technol.* 56(6): 78-88.
- Mamoudou, D.H., H. Gruppen, A.S. Traore, A.G.J. Voragen, and W.J.H. van Berkel. 2006. Effect of germination on the activities of amylases and phenolic enzymes in sorghum varieties grouped according to food and use properties. *J. Sci. Food Agric.* 7(3): 2581-2588.
- Manach, C., A. Mazur, and A. Scalbert. 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *Curr. Opin. Lipidol.* 16: 77-84.
- Mayne, S.T. 1996. Beta-carotene, carotenoids and disease prevention in humans. *FASEB J.* 10: 690-701.
- Narsih, Yuniarta, dan Harijono. 2008. Studi lama perendaman dan lama perkecambah sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) untuk menghasilkan tepung rendah tanin dan fitat. *Jurnal Teknologi Pertanian* 9(3): 173-180.
- Noer, Z. 1992. *Senyawa Antigi. Pusat Pangan Antaruniversitas, Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta.*
- Ohenhen, R.E. and M.J. Ikenbomeh. 2007. Shelf stability and enzyme activity studies of ogi: a corn meal fermented product. *J. Am. Sci.* 3(1): 38-42.
- Ortega, E.I., E. Villegas, and S.K. Vasal. 1986. A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chem.* 63: 446-451.

- Osuntogun, B., R.A. Steve, J. Adewusi, O. Ogundiwin, and C.N. Charles. 1989. Effect of cultivar, steeping and malting on tannin, total polyphenol, and cyanide content of Nigerian sorghum. *Cereal Chem.* 66(2): 87–89.
- Vasal, S.K. 2001. High quality protein corn. In A.R. Hallauer (Ed.). *Specialty Corns*, Second ed. CRC Press, Florida.
- Sardesai, V. 2003. *Introduction to Clinical Nutrition*. Marcel Dekker Inc., New York. pp. 339–354.
- 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.
- Siller, A.D.P. 2006. *In vitro* starch digestibility and estimated glycemic index of sorghum products [tesis]. Food Science and Technology, Texas A & M University.
- Sloan, A.E. 2002. The top 10 functional food trends: the next generation. *Food Technol.* 56(4): 32–57.
- Suarni dan S. Singgih. 2002. Karakteristik sifat fisik dan komposisi kimia beberapa varietas/galur biji sorgum. *J. Stigma X(2)*: 127–130.
- Suarni. 2004a. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *Jurnal Litbang Pertanian* 23(4): 145–151.
- Suarni. 2004b. Evaluasi sifat fisik dan kandungan kimia biji sorgum setelah penyosohan. *J. Stigma XII(1)*: 88–91.
- Suarni dan U. Ubbe. 2005. Perbaikan kandungan nutrisi dan sifat fisikokimia tepung sorgum dengan enzimatis ( $\beta$ -amilase) dari kecambah kacang hijau. hlm. 92–95. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Tadulako dengan Forum Kerja Sama Kimia KTI*.
- 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 Universitas Lampung, Bandar Lampung*.
- Suarni dan S. Widowati. 2007. Struktur, komposisi, dan nutrisi jagung. *Dalam Jagung*. Pusat Penelitian Tanaman Pangan, Bogor. hlm. 410–426.
- Suarni. 2006. Teknologi pembuatan kue kering (*cookies*) berserat tinggi dengan penambahan bekatul jagung. hlm. 521–526. *Prosiding Seminar Nasional Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian dan Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor*.
- Suarni, M. Aqil, and I.U. Firmansyah. 2008. Effect of drying temperature on nutritional quality of protein maize. pp. 79–81. *Proceeding of the 10<sup>th</sup> Asian Regional Maize Workshop (ARMW)*. Makassar, 20–23 October 2008.
- Suarni. 2009. Prospek pemanfaatan tepung jagung untuk kue kering (*cookies*). *Jurnal Litbang Pertanian* 28(2): 63–71.
- Suarni, I.U. Firmansyah, dan M. Zakir. 2010. Pengaruh umur panen terhadap komposisi nutrisi jagung Srikandi Putih dan Srikandi Kuning. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29(2): 117–123.
- Suarni dan M. Yasin. 2011. Jagung sebagai sumber bahan pangan fungsional. *IPTEK Tanaman Pangan* 4(2): 181–193.
- 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/IPB> [5 April 2012].
- Wang, H., G. Cao, and R.L. Proir. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 45:304–309.
- Waniska, R.D., J.H. Poe, and Bandyopadhyay, 1989. Effects of growth conditions on grain molding and phenols in sorghum caryopsis. *J. of Cereal Science* 10, 217–225.
- Waniska, R.D. 2000. Structure, phenolic compound and antifungal proteins of sorghum caryopses. Technical and institutional options for sorghum grain mold management *Proceedings of an international consultation*. India: ICRISAT.
- Wildman R.E.C. and D.M. Medeiros. 2000. *Carbohydrates*. Dalam : *Advanced human nutritoin*. New York: CRC press. Boca Raton. p. 88–97.
- Wijaya, C.H. 2002. Pangan fungsional dan kontribusinya bagi kesehatan. Makalah ini disampaikan pada Seminar Online Kharisma ke-2, Dengan Tema: Menjadi Ratu Dapur Profesional: Mengawal kesehatan keluargamelalui pemilihan dan pengolahan pangan yang tepat.
- Wu, X. and R.L. Prior. 2005. Identification and characterization of anthocyanins by high-performance liquid chromatography-electro-spray ionization tandem mass spectrometry in common foods in the United States: vegetables and grains. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 53:3101–3113.
- Zakariah, F.R., R. Tahir, Suismono, Subarna, dan Waysima. 2009. Produksi dan pemasaran tepung instan sereal sorgum dan jewawut sebagai pangan fungsional anti kanker. Lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat. IPB. diakses April 2012.