

ANTIOKSIDAN DAN IMUNOMODULATOR PADA SEREALIA

Rinto Herry Mambrasar¹⁾, Budhi Prasetyo²⁾, dan Martanto Martosupono²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana

²⁾Dosen Program Magister Biologi Universitas Kristen Satya Wacana

Email: rinto.mambrasar@yahoo.co.id

ABSTRAK

Umumnya orang Indonesia menjadikan beras sebagai sumber utama kalori, ini diprediksi pola makan kurang ideal yang akan menimbulkan resiko pada kesehatan dan ketahanan pangan. Pengolahan sereal merupakan salah satu langkah strategis dalam menyediakan bahan pangan pendukung program diversifikasi pangan. Sereal seperti sorghum, jewawut dan ketan hitam merupakan komoditi potensial, bukan saja sebagai sumber karbohidrat tetapi juga sebagai sumber antioksidan, senyawa bioaktif dan serat yang penting bagi kesehatan. Pengaruh penyosohan pada komoditi sereal sorghum, jewawut dan ketan hitam memperoleh produk yang disukai masyarakat Indonesia. Selain itu diharapkan akan didapatkan data dan informasi ilmiah mengenai khasiat sereal sumber karbohidrat berupa antioksidan dan imunomodulatornya.

Sereal sebelum disosoh menunjukkan bahwa ketan hitam memiliki kadar air tertinggi, jewawut memiliki kadar abu, protein dan lemak tertinggi sedangkan karbohidrat tertinggi didapat pada sorghum. Kadar total fenolik dan antioksidan tertinggi juga ditunjukkan oleh ketan hitam dengan waktu sosoh 5 detik sebesar 20,46 mg TAE/gr biji dan 35,96 mg vitamin C eq/gr biji. Hasil uji fenolik total dan aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa sorghum, jewawut dan ketan hitam memiliki senyawa fenolik yang dapat berperan sebagai antioksidan. Semakin lama waktu penyosohan, semakin rendah kandungan fenolik total sereal. Senyawa fenolik sereal berkorelasi positif dengan aktivitas antioksidan. Waktu sosoh terpilih berdasarkan kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan pada sorghum adalah 20 dan 100 detik, jewawut 100 dan 300 detik, serta ketan hitam 5 dan 15 detik waktu sosoh. Sorghum, jewawut dan ketan hitam adalah komoditi sereal yang potensial karena memiliki nilai nutrisi dan berbagai manfaat kesehatan dengan adanya senyawa fenolik yang dapat berperan sebagai antioksidan serta memiliki aktivitas immunomodulator sebagai penunjang sistem imunitas tubuh.

***Kata kunci* : antioksidan, imunomodulator, sereal, bukan beras**

PENDAHULUAN

Jenis-jenis pangan sereal tropik adalah sumber karbohidrat yang tumbuh di Indonesia beragam jenisnya, tapi yang dibudidayakan secara intensif dalam memenuhi kebutuhan kalori masyarakat Indonesia masih terbatas pada padi dan jagung. Hal ini akan menimbulkan resiko bagi ketahanan pangan, karena dari segi keseimbangan pangan, terutama keseimbangan karbohidrat, pola makan



masyarakat Indonesia dinilai kurang ideal akibat tingginya konsumsi beras sebagai satu-satunya sumber kalori (Yanuar, 2009).

Untuk menghadapi masalah tersebut, pemerintah menerapkan program diversifikasi pangan, tetapi implementasinya masih belum menghasilkan perubahan pola makan yang diharapkan (Suarni, 2004)^a. Diversifikasi pangan meliputi keragaman konsumsi sumber-sumber karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral masih kurang optimal karena terbatasnya produksi komoditas pertanian pangan yang beragam.

Berdasarkan fakta tersebut muncul suatu pemikiran untuk mencari sumber karbohidrat baru, yaitu serealium bukan beras. Budidaya, produksi dan teknologi serealium masih sangat kurang sehingga belum dapat mensubstitusi konsumsi beras penduduk Indonesia. Pengolahan serealium bukan beras dinilai merupakan suatu langkah strategis dalam menyediakan bahan pangan baik untuk dikonsumsi langsung maupun sebagai bahan baku industri pangan lain (Yanuar, 2009).

Sorghum (*Sorghum bicolor* L.), jowar (*Pennisetum glaucum*) dan ketan hitam (*Oryza sativa glutinosa*) merupakan komoditi yang sangat potensial sebagai sumber karbohidrat, antioksidan, senyawa bioaktif dan serat yang penting bagi kesehatan (Rooney & Serna, 2000). Sayangnya data manfaat kesehatan mengenai serealium tropik Indonesia yang masih terbatas menyebabkan budidaya dan konsumsinya masih belum dapat dipromosikan secara intensif.

Komponen serat dan antioksidan serealium mulai banyak dipublikasikan sebagai komponen yang positif terhadap kesehatan, misalnya "oatmeal" yang telah dikomersialisasikan secara besar-besaran sebagai imunomodulator dan anti aterosklerosis yang digunakan sebagai makanan langsung maupun sebagai bahan mentah untuk produk lain (Delaney *et al*, 2003).

Sorghum, jowar dan ketan hitam mengandung komponen fenolik yang memiliki sifat antioksidan. Bahkan ekstrak berbagai jenis sorghum telah diteliti dapat menghambat pertumbuhan sel kanker kolon (Dykes & Rooney, 2006). Komponen fenolik serealium tersebut sering ditemukan pada bagian kulit ari serealium yaitu pada lapisan pericarp dan testa (Dykes & Rooney, 2006). Lapisan tersebut biasanya terbuang pada proses penyosohan yang merupakan salah satu proses pengolahan paling mendasar pada serealium.

Diharapkan cara penyosohan dengan bioteknologi yang tepat, diharapkan dapat meminimalisasi kehilangan berbagai komponen bioaktif serealium sehingga manfaat kesehatannya tetap dapat dinikmati oleh setiap manusia yang mengkonsumsinya. Pengaruh penyosohan pada komoditas serealium sorghum, jowar dan ketan hitam serta memperoleh produk yang disukai panelis berdasarkan perbandingan air dan optimasi waktu pemasakan dari sorghum, jowar dan ketan hitam. Selain itu diharapkan akan didapatkan data dan informasi ilmiah mengenai khasiat serealium sumber karbohidrat berupa antioksidan dan imunomodulator melalui mekanisme peningkatan proliferasi sel limfosit pada manusia.

A. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.)

Sorghum bicolor L. adalah tanaman serealium yang potensial untuk dibudidayakan dan dikembangkan pada daerah marginal dan kering di Indonesia.

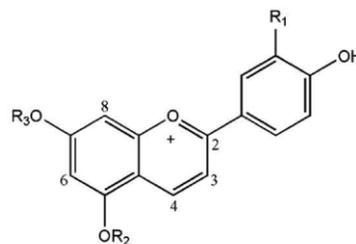


Sorghum termasuk dalam famili *Plantae* (Suprpto & Mudjisiyono, 1987). Bentuk biji sorghum bulat lonjong dengan ukuran sekitar 4 x 2,5 x 3,5 mm. Komponen utama biji sorghum adalah perikarp, testa, endosperm dan embrio (Suarni & Singgih, 2002).

Keunggulan sorghum terletak pada daya adaptasi agroekologi yang luas, tahan terhadap kekeringan, produksi tinggi serta lebih tahan terhadap hama dan penyakit. Biji sorghum mempunyai kandungan karbohidrat tinggi dan sering digunakan sebagai bahan baku industri bir, pati, gula cair atau sirup, etanol, lem, cat, kertas dan industri lainnya (Nurmala, 1997).

Sorghum mengandung senyawa bioaktif diantaranya adalah fenolik yang membantu dalam pertahanan alami tanaman melawan hama dan penyakit. Senyawa fenolik pada sorghum memiliki aktivitas antioksidan, sifat menurunkan kolesterol dan kegunaan lain untuk kesehatan (Awika & Rooney, 2004).

Antosianin merupakan salah satu kelas utama dari flavonoid yang paling banyak dipelajari dari sorghum (Awika & Rooney, 2004). Awika *et al* (2004) melaporkan bahwa antosianin pada sorghum dinilai unik karena strukturnya tidak memiliki gugus hidroksil pada cincin karbon (C) nomor 3 sehingga dinamakan 6,3-deoksiantosianin. Antosianin pada sorghum yang telah diidentifikasi adalah apigenidin dan luteolinidin (Wu & Prior, 2005). Struktur apigenidin dan luteolinidin dapat dilihat pada Gambar 1.



R1 = H R2 = H R3 = H : apigenidin

R1 = OH R2 = H R3 = H : luteolinidin

Gambar 1. Struktur antosianin pada sorghum, yaitu apigenidin dan luteolinidin (Awika & Rooney, 2004)

Komponen flavonoid yang lain dari sorghum selain antosianin adalah senyawa tanin. Tanin adalah senyawa fenolik yang larut dalam air. Senyawa tanin pada sorghum berperan melindungi biji dari predator burung, serangga, kapang serta dari cuaca (Waniska *et al*, 1989). Tanin dari sorghum menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat tinggi secara *in vitro* (Riedl & Hagerman, 2001). Sorghum memiliki berbagai efek positif bagi kesehatan yang berkaitan erat dengan berbagai komponen bioaktif terutama senyawa fenolik yang dimilikinya (Dicko *et al*, 2005; Awika & Rooney, 2004).

Hasil analisis fenolik total menunjukkan bahwa sorghum non sosoh memiliki kandungan fenolik total sebesar 6.31 mg TAE/g biji, sedangkan setelah diberi perlakuan penyosohan kisaran fenolik total menjadi 2.13 hingga 3.38 mg TAE/g biji (Gambar 4). Senyawa fenolik yang dominan terdeteksi pada sorghum adalah senyawa golongan tanin yang biasa terdapat pada tanaman jenis sereal. Awika (2003) menyatakan bahwa sorgum mengandung berbagai komponen



bioaktif yang salah satunya adalah senyawa fenolik yang biasanya berperan dalam pertahanan alami tanaman melawan hama dan penyakit.

Berdasarkan hasil tersebut diduga bahwa komponen fenolik seperti tanin yang dominan terdeteksi pada ekstrak sorghum berada pada bagian kulit luar dari serealialia yaitu pada lapisan testa yang terkikis pada proses penyosohan. Adanya senyawa tanin pada biji sorghum juga dilaporkan oleh Awika *et al* (2003) yang menyatakan bahwa senyawa polifenol yang terdapat pada bagian testa dari biji sorghum terdiri dari antosianidin, leukoantosianidin dan tanin.

Dua waktu sosoh terpilih berdasarkan kandungan fenolik total pada sorghum adalah 20 dan 100 detik. Hal tersebut berdasarkan pada kandungan fenolik total tertinggi sorghum setelah penyosohan adalah 20 detik, sedangkan kandungan fenolik total sorghum terendah adalah pada waktu sosoh 100 detik yang tidak berbeda nyata dengan 60 detik.

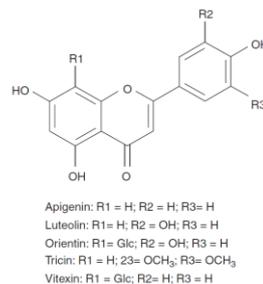
B. Jewawut (*Pennisetum glaucum*)

Jewawut atau millet adalah salah satu jenis serealialia yang merupakan famili *Poaceae*. Tiga jenis jewawut yang populer di Indonesia yaitu jenis *brownstop*, *pearl millet*, dan jenis *italian millet*. Menurut Olivieri & Hauser (1997), *pearl millet* memiliki jumlah kromosom 14 pasang.

Biji jewawut mudah dijumpai di pasar burung walaupun masih ada yang diimpor dari luar negeri (Widyaningsih & Mutholib, 1999). Menurut Andoko (2001) biji jewawut sangat disukai burung pemakan biji karena dipercayai dapat meningkatkan kualitas suaranya.

Biji jewawut biasa digunakan sebagai makanan manusia di berbagai negara Asia, Eropa bagian Tenggara dan Afrika Utara, biasanya diolah dengan cara dimasak seperti beras. Di Cina, jewawut sebagai makanan bergizi bagi wanita yang hamil dan orang tua. Di Rusia dan Myanmar, jewawut sebagai bahan pembuatan cuka, bir dan alkohol (Dykes & Rooney, 2006).

Senyawa antioksidan yang ada pada jewawut, antara lain senyawa flavonoid. Flavonoid terbukti memiliki kemampuan dalam menangkal radikal bebas dengan baik (Dykes & Rooney (2006). Salah satu jenis senyawa flavonoid pada jewawut adalah tanin yang terdapat pada bagian testa dari biji jewawut. Selain tanin, adanya yang telah teridentifikasi diantaranya adalah orientin dan vitexin (Hilu *et al*, 1978), luteolin dan triclin (Watanabe, 1999) serta apigenin (Sartelet *et al*, 1996). Struktur flavonoid pada jewawut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur flavonoid jewawut (Dykes & Rooney, 2006)



Selain digunakan sebagai sumber antioksidan potensial, jiwawut juga telah dibuktikan oleh penelitian Viswanath *et al* (2009) yang melaporkan bahwa senyawa polifenol yang diekstrak dari lapisan kulit ari jiwawut menggunakan metanol dan Hcl 1% selain dapat digunakan sebagai sumber antioksidan potensial, juga memiliki aktivitas antimikroba terhadap *Bacillus cereus* pada *minimum inhibitory concentration* (MIC) sebesar 30% dengan luas zona penghambatan sebesar 15 mm.

Hasil analisis fenolik total menunjukkan bahwa jiwawut non sosoh memiliki kandungan fenolik total sebesar 5.12 mg TAE/g biji, sedangkan setelah diberi perlakuan penyosohan kisaran fenolik total menjadi 3.51 hingga 1.56 mg TAE/g biji (Gambar 4). Senyawa fenolik yang dominan terdeteksi pada jiwawut adalah senyawa golongan tanin yang biasa terdapat pada tanaman jenis sereal. Rooney & Serna (2000) melaporkan bahwa pada jiwawut terdapat senyawa tanin yang merupakan golongan senyawa fenolik.

Kandungan fenolik total terendah adalah pada perlakuan waktu penyosohan 300 detik, dimana nilainya tidak berbeda nyata dengan waktu penyosohan 200 detik, sedangkan fenolik total tertinggi pada jiwawut sosoh adalah pada waktu penyosohan 100 detik (Gambar 4). Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu penyosohan akan menyebabkan penurunan kandungan fenolik total pada jiwawut. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa komponen fenolik seperti tanin yang dominan terdeteksi pada ekstrak jiwawut juga berada pada bagian kulit luar dari jiwawut yaitu pada lapisan testanya yang terkikis pada proses penyosohan.

Dua waktu sosoh terpilih berdasarkan kandungan fenolik total pada jiwawut adalah 100 dan 300 detik. Hal tersebut berdasarkan pada kandungan fenolik total tertinggi jiwawut setelah penyosohan adalah 100 detik, sedangkan kandungan fenolik total jiwawut terendah adalah pada waktu sosoh 300 detik yang tidak berbeda nyata dengan 200 detik.

C. Ketan Hitam (*Oryza sativa glutinosa*)

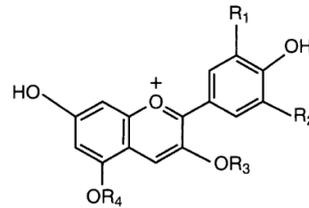
Ketan hitam merupakan salah satu komoditi pertanian yang telah dikenal dan dibudidayakan secara luas di Indonesia. Komoditi pertanian ini dikenal di Indonesia melalui berbagai bentuk olahannya seperti bubur ketan dan tape ketan. Ketan hitam termasuk family *Graminae* (Nurmala, 1997).

Ketan secara visual dapat dibedakan dari beras biasa, yaitu butir patinya berwarna gelap dan lunak, sedangkan beras biasa butir patinya berwarna putih bening dan lebih keras. Ketan memiliki nilai nutrisi yang lengkap dan tidak kalah dibandingkan beras, sehingga komoditi pertanian ini memang layak untuk dipromosikan secara intensif sebagai pangan alternatif untuk mendukung program diversifikasi karbohidrat.

Pati merupakan karbohidrat utama pada ketan. Pati adalah homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosida. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, dimana fraksi terlarut adalah amilosa sedangkan fraksi yang tidak larut adalah amilopektin (Winarno, 2004). Komposisi pati pada ketan yang hampir semuanya terdiri dari amilopektin menyebabkan ketan mempunyai sifat lengket, tidak mengembang dalam pemasakan dan tidak banyak menyerap air serta tetap lunak setelah dingin (Darmadjati, 1983).



Ketan hitam memiliki potensi sebagai pembawa antosianin yang merupakan salah satu senyawa fenolik. Misnawi *et al* (2003) menyatakan bahwa kedua senyawa ini diketahui mempunyai manfaat bagi kesehatan karena bersifat sebagai antioksidan yang dapat melindungi kolesterol darah dari serangan oksidasi oleh radikal bebas dan senyawa radikal lainnya yang dapat memicu aterosklerosis. Struktur antosianin pada ketan hitam dapat dilihat pada Gambar 3.



Peak No.	Compound	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
1	C3G ^a	OH	H	Glu	H
2	P3G ^b	OCH ₃	H	Glu	H

^a C3G: Cyanidin 3-glucoside.

^b P3G: Peonidin 3-glucoside.

Gambar 3. Struktur antosianin ketan hitam (Ryu *et al*, 1998)

Menurut Hu *et al* (2003), pigmen antosianin yang terdapat pada ketan hitam dapat menekan resiko kerusakan oksidatif dari *low density lipoprotein* (LDL) pada manusia. Selain itu Hu *et al* (2003) juga melaporkan bahwa pigmen antosianin pada ketan hitam dapat mereduksi pembentukan nitrit oksida dengan menekan aktivitas *nitric oxide synthetase* pada sel-sel makrofag dan secara signifikan mencegah kerusakan DNA yang disebabkan oleh ROS (*Reactive Oxygen Species*).

Hasil analisis fenolik total menunjukkan bahwa ketan hitam non sosoh memiliki kandungan fenolik total sebesar 20.46 mg TAE/g biji, sedangkan setelah diberi perlakuan penyosohan kisaran fenolik total menjadi 14.63 hingga 16.12 mg TAE/g biji (Gambar 4). Berbeda dari sorgum dan jowarut, untuk ketan hitam komponen fenolik yang dominan terdeteksi adalah senyawa antosianin. Adanya senyawa antosianin pada ketan hitam dibuktikan oleh penelitian dari Aligitha (2007) yang melakukan isolasi antosianin dari ketan hitam dengan cara ekstraksi secara maserasi menggunakan pelarut metanol yang mengandung 1% asam hidroklorida pekat dan mendapatkan bahwa isolat yang diperoleh dari hasil ekstraksi pada ketan hitam merupakan antosianin terasilasi jenis sianidin 3 – glikosida.

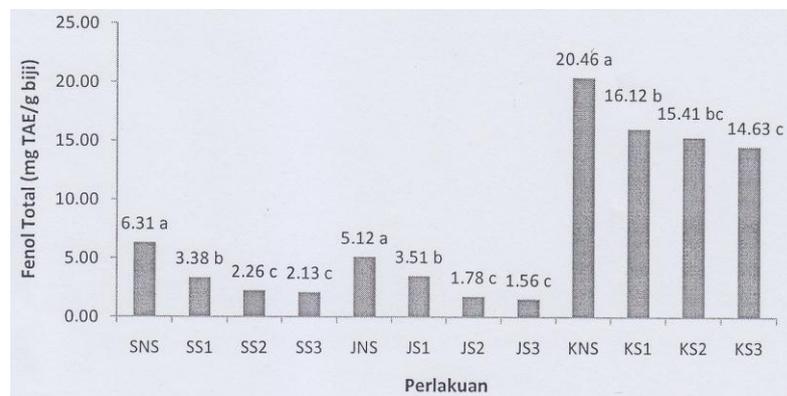
Kandungan fenolik total terendah adalah pada perlakuan waktu penyosohan 25 detik, dimana nilainya tidak berbeda nyata dengan waktu penyosohan 15 detik, sedangkan fenolik total tertinggi pada ketan hitam sosoh adalah pada waktu penyosohan 5 detik (Gambar 4). Fenomena yang didapat tidak jauh berbeda dengan sorgum dan jowarut yaitu proses penyosohan pada ketan hitam akan menyebabkan penurunan nilai fenolik total dari ekstrak aseton ketan hitam secara nyata, dimana semakin tinggi intensitas waktu penyosohan yang dilakukan pada ketan hitam, semakin rendah nilai fenolik total dari ekstrak ketan hitam.



Data tersebut menunjukkan bahwa komponen fenolik golongan antosianin yang dominan terdeteksi pada ekstrak ketan hitam berada pada bagian kulit luar dari ketan hitam yaitu pada lapisan aleuronnya yang terkikis pada proses penyosohan. Adanya antosianin pada lapisan aleuron ketan hitam dibuktikan oleh penelitian dari Hanum (2000) yang melakukan isolasi senyawa antosianin dari bekatul ketan hitam menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan pelarut metanol dan mendapatkan dua komponen antosianin pada ketan hitam yang teridentifikasi sebagai apigenidin dan apigenin.

Dua waktu sosoh terpilih berdasarkan kandungan fenolik total pada ketan hitam adalah 5 dan 25 detik. Hal tersebut berdasarkan pada kandungan fenolik total tertinggi ketan hitam setelah penyosohan adalah 5 detik, sedangkan kandungan fenolik total ketan hitam terendah adalah pada waktu sosoh 25 detik yang tidak berbeda nyata dengan 15 detik.

Kadar fenolik total dari ekstrak serealia (sorghum, jewawut dan ketan hitam) akibat pengaruh perlakuan waktu penyosohan disajikan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Rerata kadar fenol total sorghum, jewawut dan ketan hitam akibat pengaruh perlakuan waktu penyosohan

Keterangan :

Setiap data merupakan rerata dua kali ulangan

Angka pada grafik yang mempunyai huruf beda pada masing-masing serealia menyatakan beda nyata (BNT $\alpha = 5\%$)

SNS = Sorgum non sosoh

JNS = Jewawut non sosoh

KNS = Ketan hitam non sosoh

SS1 = Sorgum sosoh 20 detik

JS1 = Jewawut sosoh 100 detik

KS1 = Ketan hitam sosoh 5 detik

SS2 = Sorgum sosoh 60 detik

JS2 = Jewawut sosoh 200 detik

KS2 = Ketan hitam sosoh 15 detik

SS3 = Sorgum sosoh 100 detik

JS3 = Jewawut sosoh 300 detik

KS3 = Ketan hitam sosoh 25 detik

KESIMPULAN

1. Proses penyosohan dapat menurunkan kandungan nutrisi serealia. Lamanya intensitas waktu penyosohan, mengakibatkan rendahnya kandungan nutrisi serealia karena lapisan kulit ari serealia mengandung berbagai komponen nutrisi.



2. Sorghum, jewawut dan ketan hitam memiliki senyawa fenol yang dapat berperan sebagai antioksidan. Waktu penyosohan yang lama, mengakibatkan rendahnya kandungan fenol total sereal. Senyawa fenol sereal berkorelasi positif dengan aktivitas antioksidan.
3. Semakin besar jumlah fenol total, akan semakin besar pula aktivitas antioksidannya. Dua waktu sosoh terpilih berdasarkan kandungan fenol total dan aktivitas antioksidan pada sorghum adalah 20 dan 100 detik, jewawut 100 dan 300 detik, serta ketan hitam 5 dan 15 detik.
4. Berdasarkan uji aktivitas imunomodulator secara *in vitro* diketahui sorghum, jewawut dan ketan hitam dapat menstimulasi proliferasi sel limfosit manusia. Aktivitas proliferasi terbaik didapat pada sorghum ekstrak air dengan nilai indeks stimulasi sebesar 5,340.
5. Sorghum, jewawut dan ketan hitam adalah komoditi sereal potensial dan layak untuk dikomersialisasikan sebagai pangan pendukung program diversifikasi karbohidrat karena dinilai cocok dengan iklim pertanian Indonesia. Selain itu ketiga jenis sereal ini memiliki kandungan senyawa bioaktif golongan antioksidan serta aktivitas imunomodulator.

DAFTAR PUSTAKA

- Andoko A. 2001. Bertanam Millet untuk Pakan Burung. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Aligitha W. 2007. Isolasi Antosianin dari Ketan Hitam (*Oriza Sativa L Forma Glutinosa*). J.Farmasi. 31(1): 26-27. Departemen Farmasi ITB.
- Awika J M. 2003. Antioxidant Properties of Sorghum. Disertasi. A and M University. Texas.
- Awika J M, Rooney L W. 2004. Sorghum Phytochemicals and Their Potential Impact on Human Health. J. Science Phytochemistry. 65 (9): 1199-1221.
- Darmadjati D S. 1983. Physical, Chemical Properties and Protein Characteristics of Some Indonesian Rice Varieties. Disertasi. IPB. Bogor.
- Delaney B, Nicolosi R J, Wilson T A, Carlson T, Frazer S, Zheng G H, Hess R, Ostergren K,
- Haworth J, Knutson N. 2003. β -glucan Fractions from Barley and Oats are Similarly Antiatherogenic in Hypercholesterolemic Syrian Golden Hamsters. J. Nutrition. 133(2):468-75.
- Dicko M. H, Gruppen H, Traore A. S, Berkel V. W. J. H, Voragen A. G. J. 2005. Evaluation of The Effect of Germination on Phenolic Compounds and Antioxidant Activities in Sorghum Varieties. J. Agricultural and Food Chemistry. 53 (1): 2581-2588.
- Dykes L, Rooney L. W. 2006. Sorghum and Millet Phenols and Antioxidants. J. Cereal Science. 44 (3):236-251.



- Hanum T. 2000. Ekstraksi dan Stabilitas Zat Pewarna Alam dari Katul Beras Ketan Hitam (*Oryza sativa glutinosa*). J. Teknologi dan Industri Pangan. 1(1) : 11-19.
- Hilu K. W, De Wet J. M. J, Seigler D. 1978. Flavonoid Patterns and Systematics in *Eleusine*. J. Biochemical Systematics and Ecology. 6(1): 247-249.
- Hu C, Zawitowski J, Ling W, Kitts D. D. 2003. Black Rice (*Oryza sativa* L. indica) Pigmented Fraction Suppresses Both Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide in Chemical and Biological Model Systems. J. Agricultural and Food Chemistry. 51(1): 5271-5277.
- Misnawi, Selamat J, Jamilah B, Nazamid S. 2003. Effects of Incubation and Polyphenol Oxidase Enrichment on Colour, Fermentation Index, Procyanidins and Astringency of Unfermented and Partly Fermented Cocoa Beans. J Food Science and Technology. 38 (3):285-295.
- Nurmala T. 1997. Serealia. Rineka Cipta. Jakarta.
- Olivieri J, Hauser C. 1997. Anaphylaxis to Millet. Wiley Interscience Article.
- Riedl K. M, Hagerman A E. 2001. Tannin-Protein Complexes as Radical Scavengers and Radical Sinks. J. Agricultural and Food Chemistry. 37 (1): 4917-4923.
- Rooney L. W, Serna S. 2000. Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker. New York. 149-175.
- Ryu S. N, Park S. Z, Ho C. T. 1998. High Performance Liquid Chromatographic Determination of Anthocyanin Pigments in Some Varieties of Black Rice. J. Food and Drug Analysis. 6 (4):729-736.
- Sartelet H, Serghat S, Lobstein A, Ingenbleek Y, Anthony R, Petitfrere E, Eguie A. G, Martiny L, Haye B. 1996. Flavonoids Extracted from *Fonio* Millet (*Digitaria exilis*) Reveal Potent Antithyroid Properties. J. Nutrition. 12 (1): 100-106.
- Suarni. 2004^a. Pemanfaatan Tepung Sorgum untuk Produk Olahan. J. Litbang Pertanian. 23 (4): 145-150.
- Suarni, Singgih S. 2002. Karakteristik Sifat Fisik dan Komposisi Kimia Beberapa Varietas/Galur Biji Sorgum. J. Stigma 10 (2): 127-130.
- Suprpto, Mudjisihono R. 1987. Budidaya dan Pengolahan Sorgum. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Viswanath V, Asna U, Malesshi N. G. 2009. Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Properties of Finger Millet Polyphenols (*Eleusine coracana*). J. Food Chemistry. 114 (1):340-346.
- Waniska R. D, Poe J. H, Bandyopadhyay R. 1989. Effect of Growth Condition on Grain Molding and Phenols in Sorghum Caryopsis. J. Cereal Science. 10 (1) 217-225.



- Watanabe M. 1999. Antioxidative Phenolic Compounds From Japanese Barnyard Millet (*Echinochloa utilis*) Grains. *J. Agricultural and Food Chemistry*. 47 (1): 4500-4505.
- Winarno F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia. Jakarta.
- Widyaningsih S, Mutholib A. 1999. *Pakan Burung*. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- Wu X, Prior R. L. 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, Nuts and Grains. *J. Agricultural and Food Chemistry*. 53 (1): 3101-3113.
- Yanuar W. 2009. *Aktivitas Antioksidan dan Imunomodulator Serealia*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

