

STUDI DAN KAJIAN PUSTAKA

SORGHUM

Oleh :

Ir. Sutrisno Koswara, MSi

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan

Fateta IPB

2023

I. BOTANI SORGHUM

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) termasuk ke dalam famili *gramineae* dan sub famili *panicoideae* (Martin, 1970). Sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, merupakan tanaman yang termasuk di dalam famili Graminae bersama dengan padi, jagung, tebu, gandum, dan lain-lain. *Sorghum bicolor* (L.) Moench termasuk dalam genus *Sorghum*, ordo Cyperales, kelas Liliopsida/ Monokotiledon, divisi Magnoliophyta, superdivisi Spermatophyta, subkingdom Tracheobionta, dan kingdom Plantae. Sorghum memiliki istilah yang berbeda-beda tiap daerah. Sebagai contoh, sorghum dikenal dengan nama 'candel' di Jawa Tengah dan Jawa Timur, 'jagung cantrik' di daerah Jawa Barat, dan 'batara tojeng' di Sulawesi Selatan (Suprpto dan Mudjisihene, 1987). Diperkirakan sorghum pertama kali berasal dari Afrika.

Sorghum memiliki banyak varietas, dari sorghum yang berwarna putih sampai sorghum yang berwarna merah kecoklatan (FSD, 2003). Tanaman sorghum dibagi dalam dua kelompok, yaitu sorghum yang berumur pendek (musiman) dan sorghum tahunan (*Sorghum halepensis*). Sorghum musiman terdiri atas empat keluarga, yaitu sorghum makanan ternak (*sweet sorghum*) dimana batangnya mengandung gula sehingga dapat dipakai untuk membuat sirop dengan cara memeras batangnya dan kemudian direbus; sorghum penghasil biji-bijian (*grain sorghum*) dimana batang dan daunnya dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak; sorghum sapu (*broom sorghum*) yang banyak ditanam di Amerika Serikat dan dapat dimanfaatkan untuk membuat sapu dan sikat; serta yang terakhir adalah sorghum rumput (*grass shorghum*) yang dikenal sebagai rumput Sudan di Indonesia memiliki sifat tahan kering. Sorghum tahunan tidak menghasilkan biji, namun dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak (Rismunandar, 1989).

Tanaman sorghum banyak ditanam di daerah beriklim panas dan daerah beriklim sedang. Sorghum dibudidayakan pada ketinggian 0-700 m di atas permukaan laut. Tanaman ini dapat tumbuh pada suhu lingkungan 23°-34°C tetapi suhu optimum berkisar antara 23°-30° C dengan kelembaban relatif 20-40%. Tanaman sorghum dapat tumbuh di tanah-tanah sekering/segersang gurun sampai ke tanah-tanah basah. Pada umumnya sorghum akan berhasil baik pada tanah-tanah ringan (berpasir) sedangkan

pada tanahtanah berat tanaman ini masih dapat tumbuh baik asal keadaan drainasenya baik. Sorghum tidak terlalu peka terhadap keasaman (pH) tanah tetapi pH tanah yang baik untuk pertumbuhannya adalah 5.5-7.5. Tanaman sorghum tahan terhadap kekeringan dan pemupukan berat. Dengan kedua sifat ini prospek produksi sorghum mudah ditingkatkan (Rismunandar, 1989; Suprpto dan Mudjisihene, 1987).

Tanaman sorghum dapat tumbuh mencapai ketinggian antara 2 sampai 15 kaki. Batang tanaman sorghum hampir menyerupai tanaman jagung. Namun jika dibandingkan dengan jagung, sorghum memiliki lebih banyak akar sekunder dan luas daun yang lebih kecil (Kramer, 1959). Bentuk tanaman sorghum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perkebunan sorghum di Afrika

Sorghum telah ditemukan di Indonesia sejak abad 17, namun baru pada tahun 1975 sorghum mulai menunjukkan potensi dan peranan pentingnya. Dibandingkan dengan beberapa negara lainnya, total produksi sorghum di beberapa daerah di Indonesia masih rendah. Sebagai contoh, total produksi sorghum di negara Amerika Serikat mencapai angka ribuan metriks ton, sedangkan total produksi di Jawa Tengah hanya ribuan ton. Begitu juga dengan luas area penanaman. Luas area tanam di Amerika serikat mencapai jutaan hektar, sedangkan di Jawa Tengah hanya ribuan hektar.

Daerah-daerah di Indonesia yang dikenal sebagai penghasil sorghum yaitu Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Jawa Timur. Beberapa varietas sorghum yang dikenal di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Varietas sorghum yang dikenal di Indonesia

Nama	Asal	Umur (hari)	Warna Biji
Katengu	Afrika Selatan	100-110	Putih bersih
Birdproof	Afrika	100-110	Merah tua
No. 6 c	Amerika	105-115	Gambir muda
No. 7 c	Amerika	100-110	Gambir tua
No. 46	Nigeria	105-110	Kuning coklat
UPCA-S1	Filipina	97	Putih (sedang)
UPCA-S2	Filipina	96	Coklat

Sumber : Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan (1978)

Berdasarkan bentuk sekamnya, sorghum dapat diklasifikasikan menjadi empat yaitu sorghum biji, sorghum manis, sorghum rumput, dan sorghum sapu. Jenis-jenis sorghum dan karakteristiknya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis-jenis sorghum beserta karakteristiknya (Hubeis, 1984)

Jenis Sorghum	Karakteristik
Sorghum biji	bentuk butir biji relatif besar, terpisah dari sekam, warna butiran putih, kuning, merah atau coklat
Sorghum manis	bentuk biji lebih kecil, ukuran sekam panjang, warna butir putih atau coklat
Sorghum rumput	bentuk butir biji tertutup penuh oleh sekam yang berbentuk cembung, berukuran panjang dan runcing, warna butir kuning gelap, atau coklat
Sorghum sapu	bentuk butir biji lebih kecil-kecil yang tertutup oleh sekam berbentuk cembung, butir biji berwarna coklat

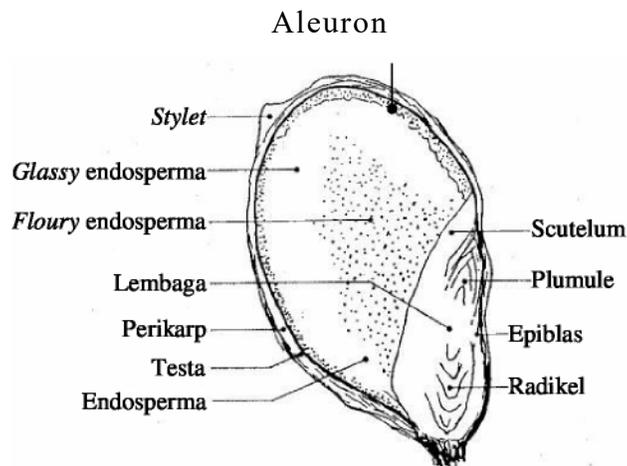
Tanaman sorghum termasuk tanaman yang tahan kekeringan karena daun sorghum dilapisi dengan sejenis lilin yang agak tebal dan berwarna putih. Lapisan lilin ini memiliki fungsi untuk menahan atau mengurangi penguapan air di dalam tubuh tanaman. Selain dapat menghadapi kekeringan, tanaman sorghum juga mempunyai daya regenerasi yang cukup kuat serta lebih tahan terhadap serangan hama daripada tanaman jagung. Meskipun demikian, petani sorghum tidak boleh bersikap acuh tak acuh terhadap serangan hama dan penyakit tanaman sorghum

karena ada beberapa hama yang dapat menyerang tanaman sorghum, antara lain ulat tanah, ulat buah jagung, kutu daun, *Aphis maidis*, walang kayu, tikus-tikus sawah, tikus tegalan, hama Merutu, dan rupa-rupa jenis burung, seperti burung betet (Rismunandar, 1989).

Tanaman sorghum yang masih muda atau baru saja membentuk beberapa daun, kadar *blauwzuur*-nya sangat tinggi. Sejalan dengan bertambahnya umur tanaman, kadar asam ini menurun. Pada saat tanaman sorghum mulai tampak berbunga, kadar asam *hydrocan*-nya sudah sangat rendah sehingga tidak membahayakan. Namun, pada cabang-cabang yang baru tumbuh, kadar *blauwzuurnya* tetap tinggi bilamana masih belum berbunga, tetapi biji sorghum tidak mengandung racun tersebut. Tanaman sorghum yang mencapai tinggi 25 cm kadar *blauwzuur*-nya 1160 mg, sedangkan yang masih muda di bawah ketinggian tersebut, rata-rata 5000 mg. Limapuluh miligram racun *blauwzuur* dsapat menyebabkan kematian pada manusia. Daya racun tadi akan netral jika daun dan batang itu dijemur beberapa jam hingga layu benar (Rismunandar, 1989).

II. MORFOLOGI DAN ANATOMI SORGHUM

Biji sorghum berbentuk bulat lonjong dengan ukuran sekitar 4.0 x 2.5 x 3.5 mm dan berat dari 1000 biji sekitar 25-30 gram (FAO, 1995; Suprpto dan Mudjisihene, 1987). Biji sorghum mempunyai struktur yang hampir sama dengan serealia lainnya. Komponen utama biji sorghum adalah perikarp, testa, endosperm, dan embrio (FSD, 2003). Gambar penampang biji/ bulir sorghum dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2. Penampang melintang biji sorgum (FSD, 2003)

Biji sorghum termasuk jenis kariopsis (*caryopsis*) dimana seluruh perikarp bergabung dengan endosperma. Perikarp atau kulit luar merupakan bagian terluar dari biji yang melapisi endosperma. Perikarp terdiri dari tiga lapisan, yaitu epikarp, mesokarp, dan endokarp. Epikarp lebih lanjut dibagi menjadi epidermis dan hipodermis. Terkadang, zat pigmen terdapat dalam epidermis. Zat pigmen tersebut berwarna putih, kuning, jingga, dan merah (FAO, 1995; Suprpto dan Mudjisihene, 1987).

Tepat di bawah endokarp, terdapat lapisan testa yang mengelilingi endosperm. Pada beberapa genotipe sorghum, testa sangat banyak mengandung pigmen. Keberadaan pigmen merupakan karakter genetika. Beberapa peneliti mengatakan bahwa senyawa polifenol kadar tinggi terdapat dalam testa.

Kulit luar merupakan lapisan kulit biji yang mengelilingi endosperma. Menurut Mudjisihono dan Suprpto (1987), kulit luar ini terdiri dari tiga bagian yaitu epikarp, mesokarp, dan endokarp. Epikarp tersusun atas dua sampai tiga lapis sel memanjang, berbentuk segi empat, memiliki ketebalan tertentu, dan mengandung zat pigmen. Zat pigmen yang terdapat pada perikarp berwarna putih, kuning, jingga, dan merah, dimana zat pigmen ini dapat masuk mengalir ke dalam endosperm.

Lapisan tengah dari perikarp adalah mesokarp yang merupakan lapisan paling tebal dari ketiga lapisan yang menyusun perikarp. Sel mesokarp mengandung granula pati kecil yang berbentuk poligonal dan dapat dilihat di bawah sinar mikroskop. Menurut Rooney dan Serna-Saldivar (1999), sorghum merupakan satu-satunya jenis sereal yang memiliki pati pada bagian mesokarp.

Lapisan paling dalam dari perikarp adalah endokarp. Lapisan endokarp terdiri atas sel-sel melintang berbentuk tabung. Salah satu fungsi dari sel berbentuk tabung ini yaitu mengangkut air.

Bagian penting dari kulit luar yaitu lapisan zat warna yang disebut testa. Lapisan ini terletak di bawah endokarp dan di sekeliling permukaan endosperm. Lapisan testa memiliki ketebalan yang bervariasi tergantung pada varietas sorghum. Pada umumnya, lapisan testa yang paling tebal terletak pada puncak biji, sedangkan lapisan yang paling tipis terletak di dekat lembaga (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

Hoseney (1998) mengatakan bahwa pada lapisan testa terdapat senyawa polifenol dalam jumlah tinggi yaitu tanin dalam bentuk terkondensasi (*condensed tannin*). Jenis sorghum yang memiliki lapisan testa dalam jumlah besar dikenal dengan sebutan "*bird-resistant*" sorghum. Hal ini disebabkan karena adanya tanin yang memiliki rasa pahit tidak disukai oleh burung. Lapisan testa terkait kuat dengan lapisan perikarp dan sulit dihilangkan.

Lembaga terdiri dari keping biji dan terikat kuat dengan bagian endosperm. Hal ini menyebabkan lembaga sulit dihilangkan dengan proses penggilingan. Dua bagian utama dari lembaga (*germ*) adalah *embryonic axis* dan *scutellum*. *Scutellum* merupakan jaringan penyimpanan yang kaya akan lemak, protein, enzim, dan mineral. Minyak pada lembaga sorgum kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated*) dan

mirip seperti minyak jagung (FAO, 1995). Lembaga juga kaya akan protein, lemak, serta sejumlah mineral dan vitamin B (Hulse *et al.*, 1980).

Endosperm merupakan bagian terbesar dari biji (81-84%). Menurut Hulse *et al.* (1980), endosperm sorghum terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan luar endosperm (*corneous endosperm*) dan lapisan dalam endosperm (*floury endosperm*). *Corneous endosperm* keras dan bening seperti kaca, sedangkan *floury endosperm* lebih lembut dan agak keruh. Proporsi *corneous* dan *floury endosperm* bervariasi antar jenis sorghum. Namun secara umum *corneous endosperm* paling banyak terdapat pada lapisan luar, sedangkan *floury endosperm* banyak terdapat pada pusat endosperm.

Lapisan luar endosperm berupa sel-sel aleuron yang mengandung protein dalam jumlah tinggi, sedangkan lapisan dalam endosperm mengandung sedikit protein. Sel-sel yang menyusun aleuron berukuran kecil dan berbentuk kotak serta mengandung granula pati yang terselubung oleh gumpalan protein matriks. Protein matriks terutama berisi protein glutelin dan protein prolamin (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

III. KOMPOSISI KIMIA BIJI SORGHUM

Komposisi kimia biji sorghum berbeda-beda tergantung pada bagian bijinya. Selain itu, komposisi kimia sorghum juga sangat bervariasi tergantung pada varietas, tanah, dan kondisi lingkungan penanaman. Hasil analisis kimia terhadap bagian-bagian biji sorghum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis kimia biji sorghum dan bagian-bagiannya

Bagian biji	Susunan kimia bagian-bagian biji (%)				
	Pati	Protein	Lemak	Abu	Serat
Biji utuh	73.8	12.3	3.60	1.65	2.2
Endosperm	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	18.9	10.36	2.6

Sumber: Mudjisihono dan Suprpto (1987)

Kandungan karbohidrat pada sorghum sebagian besar terdiri dari pati. Menurut Watson (1984), kandungan pati sorghum berkisar antara 60-77 %. Mudjisihono dan Suprpto (1987) menyebutkan bahwa pati pada biji sorghum sebagian besar terdapat pada bagian endosperm. Berdasarkan kandungan amilosanya, biji sorghum dapat digolongkan menjadi jenis ketan (*waxy sorghum*) dan jenis beras (*non-waxy sorghum*). Kadar amilosa jenis beras rata-rata 25 %, sedangkan untuk jenis ketan sekitar 2 %. Sorghum jenis beras dapat dimakan sebagai nasi atau campuran dengan nasi beras pada perbandingan tertentu, sedangkan sorghum jenis ketan dapat dimanfaatkan sebagai makanan tradisional seperti tape dan wajik.

Sumber lain menyatakan bahwa kandungan amilosa pada sorghum jenis beras berkisar antara 20-30 % dari bobot basah sampel. Sama seperti pada beras, perbandingan antara kandungan amilosa dan amilopektin akan mempengaruhi karakteristik pemasakan produk yang dihasilkan (Hulse *et al.*, 1980).

Kadar zat karbohidrat sorghum yang tinggi memungkinkan biji sorghum untuk dijadikan sebagai bahan baku tepung. Tepung sorghum mempunyai suhu gelatinisasi 68° – 78° C, sedangkan tepung jagung tergelatinisasi pada suhu 62° – 68° C.

Berdasarkan hal tersebut, dapat dinyatakan bahwa tepung sorghum merupakan bahan baku yang serbaguna karena tidak mudah menggumpal (tergelatinisasi) pada saat mengalami pemanasan (Suprpto dan Mudjisihene, 1987).

Pati merupakan bentuk karbohidrat yang paling banyak terdapat di sorghum. Sekitar 70-80% pati sorghum adalah amilopektin, sisanya adalah amilosa. Varietas *waxy* atau *glutenous* sorghum mengandung amilosa dalam jumlah sangat sedikit karena hampir 100% adalah amilopektin (FAO, 1995).

Shelton dan Lee (1999) menyatakan serealium umumnya mengandung gula bebas dalam jumlah sedikit (sekitar 1-2 %). Monosakarida bebas pada biji sorghum bervariasi antara 0.05-0.83 %, dimana sebagian besar terdiri dari glukosa dan fruktosa. Kandungan sukrosa bervariasi dari 0.2-1.68 % dan total keseluruhan gula berkisar antara 0.5-2.5 %.

Selain terdiri dari pati, karbohidrat pada sorghum juga terdiri dari polisakarida non pati yaitu jenis karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan manusia. Kelompok ini terdiri dari selulosa, β -glukan, hemiselulosa, dan lignin. Menurut Rooney dan Serna-Saldivar (1999), sorghum mengandung serat tidak larut dalam jumlah tinggi, sedangkan kandungan serat larut dan β -glukan cukup rendah. Kandungan serat pada sorghum terutama terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan sedikit lignin.

Sorghum mengandung *Insoluble Dietary Fiber (IDF)* yang tinggi dan kandungan *Soluble Dietary Fiber (SDF)* yang rendah. Roti yang dibuat dengan biji sorghum dapat mengandung kira-kira 5 g serat makanan dalam setiap 56 gram roti (Anonim a, 2003)

Menurut Wall dan Blessin (1970), rata-rata kandungan lemak pada biji sorghum utuh yaitu 3.60 %. Kandungan lemak paling tinggi terdapat pada bagian lembaga (28.10 %), sedangkan kandungan lemak pada endosperm dan kulit yaitu 0.6 % dan 4.9 %. Jika dibandingkan dengan jagung, kandungan lemak sorghum lebih rendah. Hal ini disebabkan karena proporsi lembaga pada biji sorghum lebih kecil dibandingkan dengan jagung.

Menurut Chung dan Ohm (1999), lemak pada biji sorghum terdiri dari dua jenis yaitu lemak bebas (2.8-4.4 %) dan lemak dalam bentuk terikat (0.6-0.8 %). Jenis asam lemak yang menyusunnya terdiri dari asam palmitat (11-13 %), asam oleat (30-45 %), dan asam linoleat (33-49 %). Hulse *et al.* (1980) menyatakan bahwa hampir 80 %

kandungan lemak pada sorghum terdiri dari asam lemak tidak jenuh dengan proporsi paling besar yaitu asam linoleat.

Menurut Lasztity (2000), kandungan protein rata-rata pada biji sorghum yaitu 11-12 %. Namun jumlah tersebut dapat bervariasi bergantung pada varietas, teknik penanaman, kondisi lingkungan, dan faktor-faktor lainnya. Seperti halnya jenis sereal lain, distribusi protein pada biji sorghum tidak merata. Lebih dari 80 % total protein sorghum terdapat pada bagian endosperm biji, terutama pada lapisan luar endosperm. Sebaliknya, bagian perikarp memiliki kandungan protein yang paling rendah (Lasztity, 2000).

Protein pada biji sorghum dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu protein pada bagian lembaga dan protein yang tersimpan dalam endosperm. Jika dibandingkan, protein dalam lembaga memiliki nilai gizi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan protein endosperm. Kandungan asam-asam amino dalam lembaga berturut-turut: lisin 4.1 %, treonin 3.4 %, metionin 1.5 %, dan sistin 1.0 %, sedangkan dalam endosperm berturut-turut: treonin 2.8 %, lisin 1.1 %, metionin 1.0 %, dan sistin 0.8 % (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

Menurut Hulse *et al.* (1980), kandungan protein pada bagian endosperm biji sangat bervariasi. Bagian *corneous* endosperm mengandung protein dalam jumlah yang lebih banyak, dimana asam amino prolin dan asam glutamat terdapat dalam persentase yang paling tinggi. Sebaliknya, bagian *floury endosperm* mengandung protein dalam jumlah yang lebih sedikit.

Berdasarkan kelarutannya, protein pada sorghum dapat dikategorikan menjadi empat jenis, yaitu albumin (larut air), globulin (larut garam), prolamin/gliadin (larut alkohol), dan glutelin (larut asam atau basa). Meskipun tepung sorghum memiliki glutelin dan gliadin, akan tetapi protein tepung sorghum kurang memiliki kemampuan untuk membentuk gluten jika dibandingkan dengan terigu (Suarni, 2004). Menurut Suarni (2004), kandungan gliadin dan glutenin terigu seimbang, sehingga dapat membentuk gluten yang memiliki sifat elastisitas tinggi ketika ditambahkan air. Oleh karena tepung sorghum tidak memiliki gluten yang sama seperti gluten terigu, maka tepung sorghum dapat digunakan untuk pembuatan produk makanan yang bebas gluten atau *gluten free* (Rooney, 2003; FSD, 2003; NSP, 2005).

Asam amino pada sorghum sangat bervariasi, tergantung pada lingkungan saat penanaman. Seperti halnya dengan sereal lain, kandungan asam amino lisin pada sorghum juga rendah, diikuti dengan threonin (Dogget, 1970). Komponen protein dan pati pada sorghum lebih lambat dicerna daripada sereal lain sehingga bermanfaat untuk penderita diabetes (NSP, 2005).

Menurut Lasztity (2000), sorghum biasanya kaya akan asam amino asam glutamat, leusin, alanin, prolin, dan asam aspartat, sedangkan kandungan asam amino lisin relatif rendah. Namun, secara keseluruhan komposisi asam amino yang menyusun protein sorghum mirip dengan protein jagung. Perbedaannya yaitu protein sorghum mengandung lebih banyak asam amino valin, alanin, dan isoleusin daripada protein jagung.

Seperti sereal lain, protein pada biji sorghum dapat dicirikan menjadi empat jenis yaitu albumin (larut dalam air), globulin (larut dalam garam), prolamin (larut dalam alkohol), dan glutelin (larut dalam alkali). Protein albumin dan globulin paling banyak terdapat pada lapisan aleuron dalam endosperm. Sebaliknya, protein kafirin dan glutelin banyak terdapat pada bagian endosperm biji dalam bentuk protein bodi dan protein matriks.

Menurut Lasztity (2000), jenis protein yang dominan pada sorghum yaitu kafirin (sekitar 32.6-58.8 % dari total protein). Kafirin ini termasuk ke dalam jenis protein prolamin (larut dalam alkohol). Selain itu, pada sorghum juga terdapat protein glutelin (19.0-37.4 %), albumin (1.3-7.7 %), dan globulin (2.0-9.3 %).

Sorghum tidak memiliki protein gliadin dan glutenin yang mampu membentuk gluten seperti halnya terigu. Menurut Bushuk dan Macritchie (1989), protein gliadin pada terigu berfungsi sebagai perekat, sedangkan protein glutenin berperan dalam menciptakan elastisitas adonan.

Kandungan vitamin yang terdapat pada biji sorghum utuh dan bagian biji lainnya berbeda-beda. Bagian lembaga lebih kaya akan vitamin, bahkan jumlahnya dapat mencapai 2 sampai 5 kali lebih banyak jika dibandingkan dengan kandungan vitamin pada endosperm dan sekam. Lembaga dan sekam mengandung riboflavin dalam jumlah yang hampir sama. Demikian pula dengan kandungan niasin, asam pantotenat, dan piridoksin pada bagian sekam dan endosperm hampir sama pula (Wall dan Blessin,

1970). Secara lengkap susunan vitamin pada biji sorghum utuh dan bagian-bagiannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan vitamin pada biji sorghum utuh dan bagian-bagiannya

Kandungan vitamin ($\mu\text{g/g}$ bahan)	Bagian Biji			
	Biji utuh	Endosperm	Lembaga	Sekam
Niasin	45.3	43.7	80.7	44.0
Asam pantotenat	10.4	8.7	32.2	10.0
Riboflavin	1.3	0.9	3.9	4.0
Biotin	0.20	0.11	0.57	0.35
Piridoksin	4.7	4.0	7.2	4.4
Tiamin	3.3	-	-	-
Vitamin C	21.0	-	-	-
Kolin	420.0	-	-	-

Sumber : Wall dan Blessin (1970)

Kandungan vitamin B (khususnya riboflavin dan niasin) berkurang secara signifikan dengan adanya penghilangan bagian kulit luar biji. Selain itu, riboflavin dan tiamin dapat berkurang dengan adanya proses pemasakan. Sebaliknya, kandungan riboflavin akan meningkat melalui proses pekecambahan (Hulse *et al.*, 1980).

Wall dan Blessin (1970) menyatakan kandungan mineral pada biji sorghum dan bagian tanaman lainnya bergantung pada banyak faktor antara lain varietas, kondisi tanah, suhu, curah hujan, dan penggunaan pupuk. Jenis mineral utama yang ditemukan pada biji sorghum antara lain fosfor, magnesium, potasium, dan silikon. Jenis mineral lainnya seperti kalsium dan natrium terdapat dalam jumlah sedikit.

Secara keseluruhan, kandungan nutrisi sorghum tidak kalah jika dibandingkan dengan sereal lain. Kandungan kalori sorghum hampir setara dengan gandum dan jagung. Menurut Hubeis (1984), sorghum menduduki urutan keempat dalam urutan penyediaan kalori bagi penduduk dunia setelah gandum, beras, dan jagung. Jika dibandingkan dengan jagung, kadar protein sorghum lebih tinggi. Namun jika dibandingkan dengan gandum, kandungan protein sorghum masih lebih rendah. Dari segi kandungan mineral, sorghum memiliki kandungan kalsium dan besi yang lebih tinggi

daripada gandum dan jagung. Demikian juga dengan kandungan tiaminnya. Komposisi kimia sorghum, gandum, dan jagung secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi kimia sorghum, gandum, dan jagung (dalam 100 gram bahan yang dapat dimakan)

Komposisi kimia	Sorghum	Gandum	Jagung
Kalori (Kal)	355	344	363
Protein (g)	10.4	11.5	10.0
Lemak (g)	3.4	2.0	4.5
Karbohidrat (g)	71	70	71
Serat (g)	2.0	2.0	2.0
Ca (mg)	32	30	12
Fe (mg)	4.5	3.5	2.5
Thiamin (mg)	0.50	0.4	0.35
Riboflavin (mg)	0.12	0.1	0.13
Niacinamide (mg)	3.5	5.0	2.0

Sumber : Hulse *et al.* (1980)

Pada biji sorghum terdapat dua jenis pigmen penting yaitu karoten dan polifenol. Menurut Wall dan Blessin (1970), kandungan karoten pada sorghum jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jagung. Varietas sorghum pada umumnya mengandung total karotenoid sebesar 1.5 ppm yang terdiri dari zeaxanthin, lutein, dan β -karoten. Berbeda dengan karoten, kandungan polifenol pada sorghum cukup tinggi terutama pada sorghum merah. Senyawa polifenol terdiri dari beberapa komponen organik dengan struktur aromatik seperti flavonoid, sianogenik glikosida, lignin, dan tanin.

Senyawa polifenol dan produk oksidasinya telah lama diketahui dapat bereaksi dengan protein. Menurut Hulse *et al.* (1980), ada tiga kemungkinan reaksi antara senyawa polifenol dengan protein yaitu: (1) terjadinya ikatan hidrogen antara gugus OH pada polifenol dengan gugus reseptor (seperti gugus NH, SH, dan OH) pada protein, (2) ikatan ion antara gugus anion pada polifenol dan gugus kation pada protein, (3) ikatan kovalen antara kuinon dan berbagai gugus reaktif pada protein.

Tanin merupakan salah satu jenis senyawa polifenol. Menurut Von Elbe dan Schwartz (1996), tanin selain memiliki kemampuan untuk berikatan dengan protein, juga mampu berikatan dengan polimer lainnya seperti polisakarida. Tanin larut dalam air dengan berat molekul berkisar antara 500 sampai 3000. Tanin juga memiliki kemampuan untuk mengendapkan alkaloid, gelatin, dan protein lainnya.

Adanya tanin dalam biji sorghum telah lama diketahui dapat mempengaruhi fungsi asam-asam amino dan kegunaan dari protein. Kandungan tanin pada biji sorghum berkisar antara 0.4-3.6 % yang sebagian besar terdapat pada lapisan testa. Biji sorghum yang memiliki kadar tanin tinggi dicirikan dengan warnanya yang coklat gelap atau coklat kemerahan (Mudjisihono dan Suprpto, 1987). Sumber lain menyebutkan bahwa kandungan tanin pada biji sorghum coklat berkisar antara 1.3-2.0 %, sedangkan kandungan tanin pada sorghum jenis lain umumnya hanya 0.2-0.4 % (Wall dan Blessin, 1970).

Menurut Hulse *et al.* (1980), tanin yang terdapat pada sorghum merupakan tanin dalam bentuk terkondensasi. Tanin dalam bentuk ini mampu memproduksi kompleks yang lebih stabil dibandingkan dengan tanin dalam bentuk terhidrolisis. Karakteristik khusus yang dimiliki oleh tanin adalah rasa sepatnya, yaitu sensasi yang mungkin muncul akibat adanya reaksi tanin dengan glikoprotein pada saliva.

Kandungan tanin pada biji sorghum dapat dihilangkan dengan cara perendaman dalam air suling pada suhu 30 °C selama 24 jam. Kadar tanin yang hilang dengan cara ini yaitu sekitar 31 %. Perendaman dalam larutan NaOH dan KOH 0.05 M pada suhu 30 °C selama 24 jam dapat menghilangkan kandungan tanin lebih besar lagi yaitu sebanyak 75-85 %. Perendaman dalam larutan Na₂CO₃ pada kondisi yang sama dapat menghilangkan tanin sebanyak 77 %. Kehilangan tanin pada beberapa perlakuan di atas diduga akibat terkelupasnya kulit biji dan hilangnya lapisan testa selama perlakuan (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

Tanin merupakan komponen fitokimia paling penting dan unik pada sorghum karena tanin memiliki efek positif dan negatif bagi kesehatan manusia. Adanya tanin dalam biji sorghum dapat mengikat protein sehingga mempengaruhi fungsi asam-asam amino serta menurunkan ketersediaan/ bioavailabilitas protein dalam tubuh manusia (Suprpto dan Mudjisihene, 1987). Selain itu, tanin dapat berikatan dengan besi

anorganik (seperti FeSO_4) yang terdapat pada bahan pangan nabati membentuk ferotamat, sehingga mengurangi ketersediaan zat besi bagi tubuh karena senyawa yang berada dalam bentuk terikat tidak bisa diserap oleh usus halus.

Meskipun memiliki pengaruh negatif terhadap ketersediaan beberapa komponen nutrisi, senyawa fenolik memiliki pengaruh positif bagi kesehatan. Senyawa-senyawa polifenol ini memiliki daya antioksidan yang sangat besar, lebih besar dari vitamin E dan vitamin C yang selama ini dikenal sebagai antioksidan alami (Awika dan Rooney, 2004).

IV. PENGOLAHAN BIJI SORGHUM

1. Pemanenan dan Pengeringan

Waktu untuk memulai pemanenan sorghum dapat ditentukan dengan mengamati tingkat kekeringan malai, kemasakan, dan kekerasan biji sorghum. Menurut Hadiwiyoto *et al.* (1980) yang diacu dalam Purwanegara (1983), kekerasan biji sorghum dapat mempengaruhi mutu hasil. Jika biji sorghum yang terlalu tua belum dipanen dapat menyebabkan terjadinya pertunas, sedangkan jika terlalu muda sudah dipanen maka akan menurunkan mutu biji yang dihasilkan. Jika dilihat dari kadar air, maka biji yang memiliki kadar air 20 % sudah dianggap cukup masak dan dapat dipanen.

Cara pemanenan yang umum dilakukan oleh petani sorghum adalah dengan memangkas tangkai bijinya. Panjang pangkasan sekitar 7.5-15 cm di bawah bagian bijinya. Setelah dipanen, biji sorgum dikeringkan dengan cara penjemuran sehingga kadar air biji mencapai 10-12% (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

Cara pengeringan dengan penjemuran ini memiliki kelemahan. Hal ini disebabkan karena penjemuran sangat bergantung pada musim, suhu, dan kelembaban. Oleh karena itu, cara-cara pengeringan seperti ini tidak selalu digunakan.

2. Perontokan

Menurut Mudjisihono dan Suprpto (1987), perontokan biji sorghum harus segera dilakukan setelah panen. Hal ini untuk mencegah serangan burung dan tikus. Selain itu, kadar air biji pada waktu perontokan tidak boleh melebihi 10-12 persen. Hal ini untuk menghindari pertumbuhan jamur selama penyimpanan.

Cara melakukan perontokan biji sorghum terdiri dari dua yaitu cara tradisional dan menggunakan mesin. Perontokan secara tradisional dilakukan dengan pemukulan secara terus-menerus menggunakan kayu dan dilanjutkan dengan penampian. Tujuan penampian yaitu untuk memisahkan kotoran yang terdiri atas daun, ranting, debu, dan benda-benda asing lainnya. Penampian dilakukan dengan bantuan angin, dimana kotoran akan terpisah dari biji akibat tertiuap angin.

3. Penggilingan/Penyosohan

Sebelum dilakukan penepungan, terlebih dahulu dilakukan penyosohan biji sorghum. Tujuannya yaitu untuk menghilangkan pemisahan yang sebaik-baiknya antara endosperm, lembaga, dan sekam dengan hasil endosperm yang semaksimal mungkin. Sorghum telah dikenal memiliki kulit biji yang keras dan sulit dihilangkan. Cara menghilangkan kulit biji melalui penggilingan secara tradisional atau penghancuran terhadap bijinya tidak dapat diperoleh hasil yang diharapkan. Hal ini disebabkan karena masih banyaknya sisa kulit biji yang menempel pada endosperm sehingga tepung yang dihasilkan memiliki tekstur yang kasar.

Beberapa usaha telah dilakukan untuk memperbaiki cara penggilingan biji sorghum. Salah satunya yaitu menggunakan alat jenis *abrasive milling* merk *Satake Grain Testing Mill*. Alat tersebut terdiri atas silinder batu gerinda yang prinsip kerjanya berdasarkan atas gesekan antara biji dengan biji dan juga antara biji dengan permukaan kasar batu gerinda. Adanya permukaan kasar batu gerinda menyebabkan terjadinya pengikisan kulit biji dari arah luar ke dalam endosperm. Hasil akhirnya berupa endosperm yang bebas dari kulit biji. Namun, alat penggiling jenis ini memiliki kapasitas yang sangat terbatas, yaitu sekitar 100-200 gram (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

Hasil penggilingan biji sorghum berupa biji sorghum giling, sekam, dan dedak. Biji sorghum giling kemudian diayak untuk memisahkan beras sorghum giling pecah. Bagian biji yang tidak lolos ayakan berupa beras sorghum giling kepala. Beras sorghum giling kepala ini banyak diolah menjadi makanan tradisional di Afrika dan India antara lain nasi sorghum dan bubur sorghum (Rooney dan Serna-Saldivar, 1999).

4. Penepungan

Beras sorghum giling kemudian digiling lebih halus lagi untuk menghasilkan tepung. Menurut Rooney dan Serna-Saldivar (1999), alat-alat yang dapat digunakan antara lain *hammer mill*, *roller mill*, dan *pin mill*. Namun kebanyakan tepung

sorghum memiliki tekstur yang berpasir, kecuali dilakukan pengontrolan ukuran partikel.

Cara penggilingan yang berbeda akan menghasilkan mutu tepung yang berbeda. Warna merupakan salah satu kriteria mutu tepung. Warna juga digunakan sebagai kriteria untuk menentukan kegunaan tepung. Sebagai contoh, varietas sorghum yang berwarna lebih terang akan menghasilkan tepung yang lebih putih dan tepung ini cocok untuk membuat roti dan mie. Sebaliknya, varietas yang berwarna gelap akan menghasilkan tepung yang berwarna gelap pula. Tepung jenis ini memiliki rasa lebih pahit sehingga cocok sebagai bahan dasar pembuatan minuman (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

5. Potensi Sorghum Sebagai Sumber Pangan

Sesungguhnya, dari segi agronomi, sorghum tidak banyak memiliki masalah. Hal ini berbeda dengan jagung dimana jagung relatif lebih memiliki banyak masalah. Akan tetapi dari segi ekologi kemungkinan sorghum memiliki lebih banyak masalah karena sorghum bukan bahan makanan pokok dan yang terutama sekali adalah pemasarannya (Rismunandar, 1989).

Sorghum dan produk-produk yang dihasilkannya lebih murah dibandingkan makanan-makanan pokok yang lain seperti beras dan gandum. Menurut artikel yang ditulis oleh P27-53 pada harian Suara Merdeka tahun 2004, harga biji sorghum di Jawa Tengah per kilogram adalah Rp. 800, sedangkan harga beras pada saat itu adalah Rp. 2350.

Indonesia sendiri kurang mengenal tanaman sorghum, apabila dibandingkan dengan negara-negara penghasil sorghum, maka hasil sorghum di Indonesia masih termasuk rendah. Hasil tertinggi yang dicapai 3-4 ton/ha. Hasil yang relatif rendah ini disebabkan oleh karena para petani umumnya masih menggunakan varietas-varietas yang hasilnya rendah dan cara bercocok tanam yang belum disempurnakan. Masalah pengembangan sorghum di Indonesia yang lainnya adalah terabaikannya perbaikan dan pengembangan tanaman sorghum dibanding padi atau tanaman pangan lain, budidaya di tingkat petani sangat terbatas karena kompetisi dengan padi atau tanaman

lain, tidak tersedianya benih sorghum yang bermutu di pasar, banyaknya kelemahan pada varietas sorghum lokal, industri sorghum yang belum terbangun berkelanjutan (Batan, 2003)

Masalah penerimaan konsumen terhadap sorghum juga merupakan masalah yang dihadapi, khususnya untuk pengembangan diversifikasi pangan. Warna sorghum adalah faktor utama yang sangat mempengaruhi minat konsumen untuk memutuskan suka atau tidak suka. Selain warna, konsumen juga melihat rasa yang dihasilkannya, jika rasanya enak maka tidak menutup kemungkinan untuk menarik minat pembeli, sedangkan karakter yang lain seperti ukuran, bentuk, besar atau kecilnya hanya menjadi faktor sampingan (ICRISAT Center, 1981).

Sebagai pangan, sorghum telah dikonsumsi oleh orang Afrika dan India selama ribuan tahun. Mereka mengolah sorghum menjadi bubur dan panekuk. Di Afrika Timur, pangan ini dimasak dengan dua cara, yaitu bubur cair (Uji) dan pasta kental (Ugali), seperti adonan. Keduanya dipersiapkan dengan memasak tepung sorghum tersebut ke dalam air dengan kadar air yang dapat diatur. Biasanya bubur tersebut dimakan begitu saja, sedangkan Ugali dimakan bersama dengan saus bumbu kari ikan seperti kebiasaan adat setempat (Dogget, 1970).

Melalui penumbukan secara tradisional, biji sorghum dibersihkan dari sekam kasar sehingga menghasilkan dedak kasar yang kemudian ditumbuk untuk memisahkan kulit arinya dan sekaligus melepaskan lembaganya dari biji dengan menghasilkan dedak halus (bekatul). Biji sorghum yang lunak dalam penumbukan kedua sudah terbelah-belah sehingga menghasilkan beras sorghum, sedangkan biji sorghum yang keras hingga penumbukan yang kedua masih dapat mempertahankan bentuknya yang pipih atau bulat sehingga dapat dijadikan brondong (biji sorghum digoreng dengan minyak sedikit dan ditutup hingga menjadi brondong). Biji sorghum juga dapat dijadikan nasi sorghum dengan syarat kulit arinya harus benar-benar bersih, jika tidak rasanya akan pahit (Rismunandar, 1989).

Untuk membuat bir, dipilih biji dengan warna yang coklat sangat gelap, kadang-kadang dipilih yang berwarna ungu. Di Tanzania, Afrika Tengah dan Afrika Utara banyak menggunakan varietas sorghum ini untuk membuat bir. Di tempat lain yaitu di Buganda, biji sorghum yang dipilih untuk pembuatan bir ini adalah yang berwarna

coklat dan rasanya pahit, sedangkan endospermanya sangat halus. Di beberapa tempat, biji yang berwarna putih merupakan salah satu pilihan yang sangat baik untuk membuat bir.

Tepung sorghum dapat berperan sebagai substitusi tepung terigu pada pembuatan roti, mie, pasta, dan kue-kue kering. Menurut Suarni (2004), tepung sorghum dapat mensubstitusi tepung terigu hingga taraf 50-80% untuk membuat kue kering. Substitusi perlu diikuti penambahan tepung maizena sebagai bahan perekat dan bumbu kue untuk menekan rasa sepat pada tepung sorghum.

Substitusi tepung sorghum terhadap terigu dapat dilakukan sampai taraf 40-50% untuk membuat kue basah (*cake*), sedangkan untuk membuat roti sekitar 20-30%, dan untuk membuat mie sekitar 15-20% (Suarni, 2004). Kadar gula dalam batang sorghum dapat dimanfaatkan untuk pembuatan gula-gula, es krim, kue-kue seperti lumpia sorghum, tape, wajik, dodol, kue klepon, serta minuman seperti coca cola, teh botol, dan sebagainya.

V. PATI SORGHUM

Pati dalam bentuk alamnya merupakan butiran-butiran kecil yang disebut granula. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setiap jenis pati, sehingga dapat digunakan untuk identifikasi. Selain ukuran granula, karakteristik lain adalah bentuk, keseragaman granula, lokasi hilum, serta permukaan granulanya (Hoseney, 1998).

Granula pati endosperm sorghum berbentuk bulat dengan ukuran sekitar 25 μm . Granula pati yang terdapat pada perikarp biji lebih keras lagi. Bentuk granula pati sorghum jenis *horny* (keras) adalah polihedral dan kompak, sedangkan granula pati jenis *floury* (lunak) bentuknya bulat dan lebih tersebar. Bentuk dan ukuran granula pati serealia lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik granula pati beberapa jenis serealia

Jenis pati	Ukuran granula (μm)	Bentuk granula
Beras	3-8	Poligonal
Gandum	20-35	Lentikular atau bulat
Jagung	15	Polihedral atau bulat
Sorghum	25	Bulat
Rye	28	Lentikular atau bulat
Barley	20-25	Bulat atau elips

Sumber: Hoseney (1998)

Seperti halnya serealia lainnya, pati sorghum tersusun atas dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan homoglukan D-glukosa dengan ikatan α -(1,4) dari struktur cincin piranosa. Amilosa umumnya dikatakan sebagai bagian linier dari pati, meskipun sebenarnya jika dihidrolisis dengan β -amilase pada beberapa jenis pati tidak diperoleh hasil yang sempurna. Berat molekul amilosa beragam tergantung pada sumber dan metode ekstraksi yang digunakan. Namun, menurut BeMiller dan Whistler (1996) amilosa memiliki berat molekul sekitar 10^6 . Secara umum, amilosa yang diperoleh dari umbi-umbian dan pati batang mempunyai berat molekul yang lebih tinggi

dibandingkan dengan amilosa dari pati biji-bijian. Kemampuan amilosa untuk berinteraksi dengan iodine membentuk kompleks berwarna biru merupakan cara untuk mendeteksi adanya pati (Hoseney, 1998).

Menurut Shelton dan Lee (1999), amilosa memiliki karakteristik yang menarik untuk dicermati. Amilosa memiliki kecenderungan besar untuk membentuk ikatan hidrogen intramolekuler, yang berarti pula kecenderungan besar untuk terjadinya kristalisasi atau retrogradasi. Selain itu, amilosa memiliki kemampuan untuk membentuk kompleks heliks. Pembentukan kompleks antara amilosa dan iodine menghasilkan warna biru yang dapat diukur pada absorbansi maksimum 640 nm.

Kandungan amilosa pati serealium umumnya berkisar antara 20-30 %. Kandungan amilosa pada granula pati bervariasi tergantung pada sumber alami pati tersebut. Selain itu, kandungan amilosa juga dipengaruhi oleh cuaca dan kondisi tanah selama pertumbuhan biji (Shelton dan Lee, 1999).

Amilopektin merupakan polimer yang mempunyai ikatan α -(1,4) pada rantai lurus serta ikatan β -(1,6) pada titik percabangannya. Ikatan percabangan tersebut berjumlah sekitar 4-5 persen dari keseluruhan ikatan yang ada pada amilopektin. Berat molekul amilopektin berkisar antara 10^7 sampai 5×10^8 . Amilopektin terdapat pada semua jenis pati dan menyusun sekitar 75 % total pati, bahkan terdapat beberapa jenis pati yang seluruhnya tersusun atas amilopektin. Pati jenis ini disebut dengan *waxy starch* (BeMiller dan Whistler, 1996).

Amilopektin dan amilosa dapat dipisahkan dengan cara melarutkannya dalam air panas di bawah suhu gelatinisasi. Fraksi terlarut dalam air panas adalah amilosa sedangkan fraksi tidak larut adalah amilopektin. Pada pati serealium, amilopektin merupakan elemen dari struktur kristalin (BeMiller dan Whistler, 1996).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim a, 2003. About Food Sorghum (Milo). <http://www.sorghumgrowers.com/consumer.htm#food>. [9 November 2003].
- Becker, R. dan G.D. Hanners. 1991. Carbohydrate Composition of Cereal Grains. Di dalam : Lorenz, K.J. dan K. Kulp (Eds.). Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, pp. 380-401.
- Batan, 2003. Pemuliaan Tanaman Sorghum. <http://www.batan.go.id/p3tir/Sorghum.htm>. [9 November 2003].
- Chung, O.K. dan J.B. Ohm. 1999. Cereal Lipids. Di dalam : Kulp, K. dan J.G. Ponte (Eds.). Handbook of Cereal Science and Technology, 2nd ed, revised and expanded. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, pp. 411-432.
- Doggett, H. 1970. Sorghum. Longmans Green & Co. Ltd. Cambridge
- FAO. 1991. Production yearbook, FAO statistics vol. 41. Di dalam : Lorenz, K.J. dan K. Kulp (Eds.). Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, pp.421-422.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1995. Sorghum and Millets in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No. 27. FAO, Roma.
- Faridi, A., 2002. Hubungan Sarapan Pagi dengan Kadar Glukosa Darah dan Konsentrasi Belajar pada Siswa Sekolah Dasar. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fellows, P. J., 2000. Food Processing Technology : Principles and Practice. Woodhead Publishing, England.
- Freeman, J. E., N. W. Kramer, S. A. Watson, 1968. Gelatinization of Starches from Corn (*Zea mays L.*) and Sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*). Effects of Genetic and Environmental Factors. Crop.Sci. 8: 409-413.
- FSD (Food Security Department), 2003. Sorghum: Post-harvest Operations. <http://www.fao.org/inpho/compend/text/ch07.htm>. [9 November 2003].
- Guthrie, H. A. Introductory Nutrition. Times Mirror / Mosby College Publishing, Missouri –USA.
- Hoseney, R.C. 1998. Principles of Cereal Science and Technology, 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota.

- Hou, G. dan M. Kruk. 1998. Asian Noodle Technology. Technical Bulletin Volume XX, issue 12. December, 1998.
- Hulse, J.H., Laing, E.M., dan O.E. Pearson. 1980. Sorghum and the Millets: Their Composition and Nutritive Value. Academic Press, New York.
- Icrisat. 1998. Three year moving center average for sorghum Yield (kgs/ha), Production (tonne) and Area Harvested (ha) from 1990 to 1998 for World. <http://www.icrisat.org>. [5 Juli 2005]
- ICRISAT Center. 1981. Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality. ICRISAT. India
- Kramer, N.W. 1959. Sorghum. Di dalam: Matz, S.A. (Ed.). The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed. The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, pp. 93-117.
- Kunetz, C. 1997. Processing parameters affecting sorghum noodle qualities. MS Thesis. Di dalam : Kulp, K. dan J.G. Ponte (Eds.). Handbook of Cereal Science and Technology, 2nd edition revised and expanded. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, pp. 151-160.
- Lasztity, R. 2000. The Chemistry of Cereal Proteins. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Martin, J.H. 1970. History and Classification of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Di dalam: Wall, J.S. dan W.M. Rose (Eds.). Sorghum Product and Utilization. The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut, pp. 1-27.
- Miche, J.C., Alary, R., Jeanjean, M.F. dan J. Abecassis. 1977. Potensial use of sorghum grains in pasta processing. Di dalam : Dendy, D.A.V. (Ed.), Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food. Tropical Product Institute, London, pp. 27-35.
- Muchtadi, T.R., Hariyadi, P. dan A.B. Azra. 1987. Teknologi Pemasakan Ekstrusi. Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mudjisiyono, R. dan H.S. Suprpto 1987. Budidaya dan Pengolahan Sorghum. Penebar Swadaya, Jakarta.
- National Sorghum Producers (NSP), 2005. Sorghum's Food Characteristics. <http://www.sorghumgrowers.com/Uses+&+Products\Food>. [20 Oktober 2005].
- Nurjanah, E., 2000. Analisis Karakteristik Konsumen dan Pola Konsumsi Sereal Sarapan. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Purwanegara, T. 1983. Desain dan studi teknis prototype alat penyosoh sorgum. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- P27-53, 2004. Wonogiri Kembangkan Sorghum. Artikel di dalam Suara Merdeka, 31 Agustus 2004.
- Rooney, L.W. dan S.O. Serna-Saldivar. 1999. Sorghum. Di dalam : Kulp, K. dan J.G. Ponte (Eds.). Handbook of Cereal Science and Technology, 2nd edition revised and expanded. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, pp. 149-171.
- Rooney, L. W., 2003. Food and Nutritional Quality of Sorghum and Millet. Project TAM 226, Texas A&M University, Texas.
- Rismunandar, 1989. Sorghum Tanaman Serba Guna. Sinarbaru, Bandung.
- Shelton, D.R. dan W.J. Lee. 1999. Cereal Carbohydrates. Di dalam : Kulp, K. dan J.G. Ponte (Eds.). Handbook of Cereal Science and Technology, 2nd edition revised and expanded. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, pp. 385-409.
- Soeranto, H. dan Aryanti. 1999. Perbaikan dan Pengembangan Sorghum untuk Membantu Menanggulangi Krisis Pangan dan Gizi. Di dalam: Seminar Nasional Teknologi Pangan, Jakarta, pp 199-207.
- Suarni, 2004. Pemanfaatan Tepung Sorgum Untuk Produk Olahan. Jurnal Litbang Pertanian, 23(4).
- Suprpto dan R. Mudjisihene, 1987. Budidaya dan Pengolahan Sorgum. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Suarni. 1999. Pembuatan mie tepung sorgum sebagai substitutor terigu alternatif. Seminar Nasional II Teknologi Tepat Guna. Bandung, 9 November 2000.
- Subarna, Koswara, S., Tirtasujana, D.R., Tresnakusumah, D., Dewi, S. dan A.W. Permana. 2000. Penuntun praktikum ekstrusi, pemanggangan, dan penggorengan. Program studi supervisor jaminan mutu pangan. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Suhendro, E.L., Kunez, F.C., McDonough, C.M., Rooney, L.W. dan R.D. Waniska. 2000. Cooking characteristic and quality of noodles from food sorghum. Cereal Chem. 77 (2): 96-100.
- Sulaeman, A. 1985. Mempelajari sifat-sifat fisikokimia dan organoleptik produk “puffing” dan tepungnya dari dua varietas sorgum pada berbagai tingkat kadar air. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Wall, J.S. dan C.W. Blessin. 1970. Composition of Sorghum Plant and Grain. Di dalam: Wall, J.S. dan W.M. Rose. (Eds.). Sorghum Product and Utilization. The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut, pp. 118-167.

Watson, S.A. 1984. Corn and Sorghum Starches: Production. Di dalam : Whistler, R.L., BeMiller, J.M. dan E.F. Paschall (Eds.). Starch: Chemistry and Technology, 2nd edition. Academic Press, Inc., New York, pp. 417-432.