

Struktur dan Komposisi Biji dan Nutrisi Gandum

Suarni

Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Gandum (*Triticum aestivum* L.) merupakan tanaman serealia dari famili Poaceae (Gramineae) yang berasal dari daerah subtropis. Keragaman penggunaan, kandungan nutrisi, komponen pangan fungsional dan kualitas penyimpanannya yang tinggi menjadikan gandum sebagai bahan makanan pokok lebih dari sepertiga populasi dunia (Porter 2005). Gandum atau terigu merupakan bahan baku produk makanan olahan seperti: roti, mie, pasta, pizza, biskuit dan lainnya (Bushuk and Rasper 1994).

Kebutuhan gandum sebagai bahan baku produk makanan olahan di Indonesia semakin meningkat. Konsumsi terigu nasional naik 8,8% pada tahun 2010 dibanding tahun lalu, yaitu 2,37 juta ton pada tahun 2009 menjadi 2,93 juta ton pada tahun 2010 (Bogasari 2011). Masyarakat Indonesia mengonsumsi terigu dalam berbagai produk olahan, tetapi belum memproduksi gandum, sehingga harus mengimpornya dalam jumlah besar dari negara pengekspor, termasuk Australia, Amerika Serikat, dan Rusia.

Penelitian di Indonesia menunjukkan gandum yang dibudidayakan di dataran tinggi memberikan hasil lebih dari 3,0 t/ha, dan menurun di dataran rendah. Evaluasi terhadap galur-galur introduksi dan juga seleksi dari populasi bersegregasi (Dahlan *et al.* 2003a). Di Malino pada ketinggian 1350 m dpl, gandum memberikan hasil 3-5 t/ha (Hamdani *et al.* 2002, Dahlan *et al.* 2003b). Di Boyolali 675 m dpl, gandum hanya memberikan hasil 0,71-2,34 t/ha. Hasil gandum di dataran tinggi pun bervariasi, bergantung pada kondisi lingkungan tumbuh, seperti curah hujan (Betty dan Dahlan 1989), kesuburan tanah, temperatur, dan serangan hama dan penyakit (Azwar *et al.* 1988 dalam Hamdani *et al.* 2002). Cekaman panas pada fase akhir pertumbuhan sering menjadi faktor pembatas produksi gandum di beberapa negara (Yang *et al.* 2002).

Mutu gandum bergantung pada jenis gandum dan lingkungan tumbuh yang dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu gandum keras (*hard wheat*) dan gandum lunak (*soft wheat*). Di daerah yang mempunyai dua musim terdapat gandum musim panas (*hard spring*) dan gandum musim dingin (*hard winter*). Gandum merah (*soft red wheat*) dan gandum putih (*white wheat*) dikelompokkan sebagai gandum lunak.

Biji gandum memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, diantaranya karbohidrat 60-80%, protein 10-20%, lemak 2-2,5%, mineral 4-4,5% dan sejumlah vitamin lainnya (Pomeranz 1971, Šramková *et al.* 2009). Dalam pembuatan makanan, hal yang harus diperhatikan ialah ketepatan penggunaan jenis tepung terigu. Tepung terigu dengan kandungan protein 12-14% ideal untuk bahan

baku roti dan mie, 10,5-11,5% untuk biskuit, pastry/pie dan donat. Untuk gorengan, cake, dan wafer dapat menggunakan gandum dengan kadar protein 8-9%. Jadi, semua tepung terigu belum tentu sesuai dengan produk makanan yang akan dibuat (Bogasari 2011). Keunggulan mutu protein terigu adalah kemampuan membentuk gluten yang diperlukan untuk berbagai produk terutama roti, mie, dan cake. Sifat fisikokimia spesifik tersebut tidak dimiliki oleh tepung sereal lainya. Tulisan ini memaparkan struktur dan komposisi biji dan nutrisi gandum.

STRUKTUR DAN KOMPOSISI BIJI GANDUM

Biji gandum terdiri atas tiga bagian, yaitu lembaga (germ), endosperm, dan dedak (Eliasson and Larsson 1993). Susunan alami biji gandum adalah dedak 15% (epidemis, epicarp, endocarp, testa dan lapisan aleuron), germ 2,5%, dan endosperm 82,5% (US Wheat Associates 1981). Komposisi tersebut mendekati hasil penelitian Belderok *et al.* (2000) yang melaporkan biji gandum terdiri atas germ 2-3%, dedak 13-17%, dan endosperm 80-85% basis kering. Komposisi kimia biji gandum disajikan pada Tabel 1.

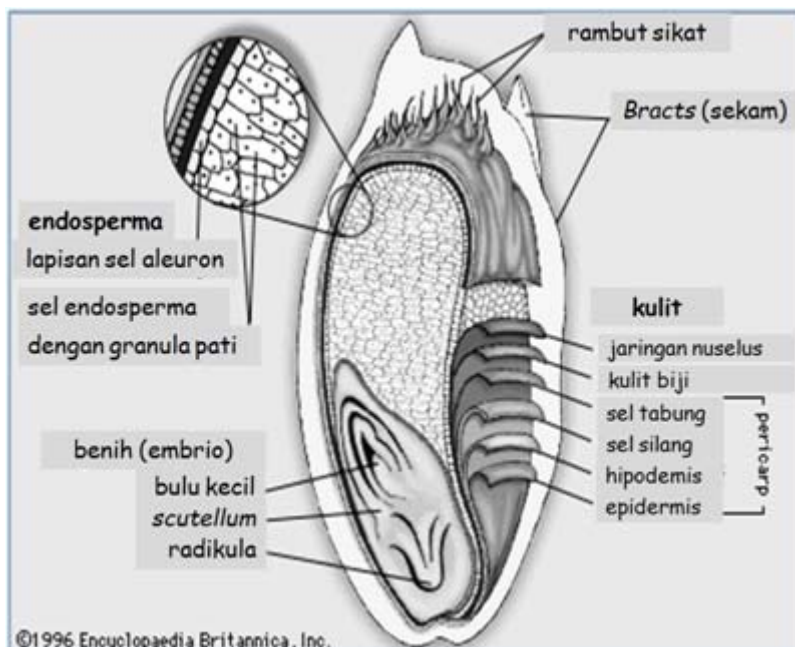
Protein biji gandum terkonsentrasi pada bagian germ sekitar 23%, sedangkan lemak relatif tinggi sekitar 10%, walaupun proporsi dari biji utuh gandum hanya 2-3%. Proporsi endosperm pada biji utuh gandum 80-85%, tidak mengandung lemak, protein hanya 7%. Pada bagian ini kadar karbohidrat biji gandum sekitar 79%. Bagian dedak dengan proporsi 13-17% mengandung protein 16%, lemak 3%, karbohidrat sekitar 63%. Terlihat dedak biji gandum masih mengandung gizi tinggi, hal ini berhubungan dengan proses biji gandum menjadi tepung terigu. Komponen gizi tepung gandum relatif berkurang dari biji utuh, karena terkikis dan sebagian berada dalam limbah dedak (Tabel 1).

Morfologi biji gandum umumnya terdiri atas kernel berbentuk oval dengan panjang 6-8 mm dan diameter 2-3 mm, memiliki tekstur yang keras seperti sereal lainya. Biji gandum memiliki tiga komponen penting (Gambar 1).

Tabel 1. Komposisi kimia bagian biji gandum.

Struktur	Proporsi (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)
Biji utuh*	-	10-20	2-2,5	65-80
Dedak**	13-17	16	3	63
Endosperm**	80-85	7	0	79
Germ**	2-3	23	10	52
Tepung gandum**	80-82	13,7	1,87	72,57

Sumber: Pomeranz (1971), Šramková *et al.* (2009)*, Olsen (2007)**
<https://en.wikipedia.org/wiki/endosperm>, [https://.wikipedia.org/wiki/wheat flour](https://.wikipedia.org/wiki/wheat_flour)



Gambar 1. Struktur Biji gandum (Encyclopaedia Britannica, <http://www.britannica.com>)

Komponen pertama adalah kulit luar (bran), merupakan kulit luar gandum dengan proporsi 14,5% dari total keseluruhan biji gandum. Bran terdiri atas lima lapisan, yaitu epidermis (3,9%), epikarp (0,9%), endokarp (0,9%), testa (0,6%), dan aleuron (9%). Bran memiliki granulasi yang lebih besar dibanding pollard, memiliki kandungan protein dan kadar serat tinggi sehingga baik dikonsumsi ternak besar. Komponen serat kasar pada dedak gandum didominasi oleh arabino-xylan 66,5% dan selulosa 15% (Lu *et al.* 2000). Jaroni *et al.* (1999) melaporkan konsumsi ransum yang tinggi serat (β -glucan dan arabino-xylan) akan meningkatkan kekentalan digesta sehingga laju digesta dalam saluran pencernaan menurun yang berakibat turunnya konsumsi ransum. Oleh sebab itu, dedak gandum sesuai untuk pakan ternak besar, tetapi untuk ransum unggas sebaiknya diberi perlakuan pengolahan sebelum digunakan. Perlakuan enzim kasar asal *A. niger* dan *T. viride* pada dedak gandum dapat menurunkan kandungan serat kasar dan meningkatkan nilai energi metabolis dedak. Penggunaan dedak gandum hasil olahan enzim kasar dalam ransum dapat memberikan pengaruh terhadap konversi ransum ayam broiler (Ramli *et al.* 2005).

Epidermis merupakan bagian terluar biji gandum, mengandung banyak debu yang apabila terkena air akan menjadi liat dan tidak mudah pecah (Belderok *et al.* 2000). Fenomena ini yang dimanfaatkan pada penggilingan gandum menjadi tepung terigu agar lapisan epidermis yang terdapat pada biji

gandum tidak hancur dan tidak mengotori tepung terigu yang dihasilkan. Kebanyakan protein yang terkandung dalam bran adalah protein larut (albumin dan globulin).

Komponen kedua adalah endosperma (endosperm), merupakan bagian terbesar dari biji gandum (80-83%) yang banyak mengandung protein, pati, dan air. Pada proses penggilingan, bagian ini akan diubah menjadi tepung terigu dengan tingkat kehalusan tertentu. Pada bagian ini terdapat zat abu yang kandungannya akan semakin kecil jika mendekati inti dan akan semakin besar jika mendekati kulit.

Komponen ketiga adalah lembaga (germ), terdapat pada biji gandum dengan proporsi 2,5-3%. Lembaga merupakan cadangan makanan yang mengandung banyak lemak dan terdapat bagian yang selnya masih hidup, bahkan setelah pemanenan. Di sekeliling bagian yang masih hidup terdapat sedikit molekul glukosa, mineral, protein, dan enzim. Pada kondisi yang lembab akan terjadi perkecambahan, yaitu biji gandum akan tumbuh menjadi tanaman yang baru (Kent 1966). Perkecambahan merupakan salah satu hal yang harus dihindari pada tahap penyimpanan biji gandum. Perkecambahan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya kondisi kelembaban yang tinggi, suhu yang relatif hangat, dan kandungan oksigen yang tinggi (Singh and Singh 2001).

Intisari gandum adalah lembaga yang merupakan embrio pada tanaman gandum dengan warna cokelat keemasan dan berbentuk serpihan (Shellenberger 1971). Murtini *et al.* (2005) yang menginformasikan dari hasil penelitiannya, bahwa bila berat biji gandum lebih besar maka kandungan endosperm tinggi dan tepung yang dihasilkan lebih banyak. Pada produksi tepung terigu, intisari gandum sering kali dihilangkan pada saat proses pemurnian biji. Manfaatnya adalah untuk mengantisipasi kandungan minyak nabati yang tinggi pada intisari gandum, sehingga menghilangkannya akan mencegah tepung terigu tidak mudah teroksidasi, tidak cepat tengik, dan memperpanjang umur simpan.

KOMPOSISI GIZI BIJI GANDUM

Komposisi kimia termasuk komponen proksimat gandum relatif tidak berbeda dengan sereal lainya. Informasi komposisi kimia proksimat gandum cukup banyak tersedia. Keragaman data pada masing-masing komponen gizi dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan pertanaman (Pomeranz 1971). Secara umum, pengaruh suhu tinggi terhadap perkembangan bulir pada sereal termasuk gandum meliputi laju perkembangan bulir yang lebih cepat, penurunan bobot bulir, biji keriput, berkurangnya laju akumulasi pati, perubahan komposisi lipid dan polipeptida (Stone 2001). Komposisi kimia proksimat sejumlah galur dan varietas gandum yang telah dilepas Badan Litbang Pertanian (Nias, Dewata, dan Selayar) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi gizi gandum beberapa varietas/galur gandum.

Varietas/galur	Protein (%)	Lemak (%)	Abu (%)	Air (%)	Karbohidrat (%)
KAUZ / RAYON	15,09	1,42	1,83	11,9	69,76
FANGGO / SERI	14,76	1,48	1,70	12,0	70,06
Altar 84/AE-sq.(219)3* ESDA	14,22	1,41	1,53	11,2	71,64
IAS 62/ALDAN*S KAUZ	14,69	1,61	1,69	12,0	70,01
CBD-16	14,13	1,76	1,81	12,7	69,60
CBD- 17	15,64	1,30	1,71	12,2	69,15
CBD- 20	14,03	1,38	1,73	11,3	71,56
CBD- 23	14,85	1,82	1,80	11,8	69,73
CPN-01	14,60	2,51	1,54	12,4	68,95
DEWATA	14,49	1,81	1,74	11,8	70,16

Sumber: Suarni dan Hamdani (2009)

Kadar Abu

Rata-rata kadar abu galur/varietas gandum 1,70% dengan kisaran 1,54-1,83%, terendah pada CPN-01 dan tertinggi pada Kauz/Rayon. Komponen abu merupakan sumber mineral pada bahan pangan, tetapi pada kadar tinggi berpengaruh terhadap tampilan warna tepung terigu yang dihasilkan (Winarno 2002). Kadar abu pada biji gandum akan turun dalam prosesing menjadi tepung terigu. Misalnya pada varietas Dewata, dari 1,54% pada biji turun menjadi 0,67% setelah jadi tepung terigu. Pada varietas Nias, 1,36% dari biji menjadi 0,66% setelah jadi tepung terigu. Pada varietas Selayar, 1,58% dari biji menjadi 0,57% setelah jadi tepung terigu. Hal ini disebabkan kandungan mineral/abu terkonsentrasi 60-65% pada aleuron layer, sisanya pada endosperm. Pada saat prosesing, bagian aleuron terkikis terikut menjadi limbah. Sejumlah galur/varietas gandum menunjukkan beragam kadar protein, abu, lemak dan berat gluten (Tabel 3).

Protein

Kadar protein galur/varietas gandum yang diteliti berkisar antara 12,7-16,8%, terendah pada galur PICUS/4/CS5A dan tertinggi pada galur BAW 898 (Suarni dan Hamdani 2009). Kadar abu berkisar antara 1,4-2,6, terendah pada varietas Dewata dan tertinggi pada galur PASTOR/2*SITTA. Tingginya kadar abu galur/varietas gandum tersebut menunjukkan tingginya kandungan mineralnya. Kandungan lemak galur/varietas gandum berkisar antara 1,44-2,05%, terendah pada galur KAUZ/WEAVER dan tertinggi pada galur VEE/PJN//2*TUI. Berat gluten gandum berkisar antara 25,2-41,4%, terendah pada galur W462/VEE/KOEL/3/PEG/MRL/BUC dan tertinggi pada galur PFAU/WEAVER.

Kadar protein biji gandum dengan varietas yang sama menunjukkan konsentrasi yang berbeda, hal ini dapat diakibatkan perbedaan iklim, kondisi lahan, pertumbuhan yang kurang optimal. Sehubungan dengan hal tersebut, kadar protein varietas Selayar dan Dewata lebih rendah dibanding hasil penelitian di atas (Sihotang *et al.* 2015). Sebelumnya Murtini *et al.* (2005) meneliti protein

Tabel 3. Kadar abu, protein, dan gluten sejumlah galur/varietas biji gandum.

Galur/varietas	Abu (%)	Protein (%)	Gluten (%)
DEBEIRA	1,6	12,8	26,4
BAW 898	1,7	16,8	36,1
KANCHAN	1,8	15,5	33,7
HP 1731	1,6	14,1	28,3
HP 1744	1,8	15,8	36,4
VEE/PJN//2*TUI	1,5	14,4	32,0
PFAU/WEAVER	1,6	15,8	41,3
CAZO/KAUZ//KAUZ	1,6	14,2	34,8
WL 6718//2*PRL/VEE #6	1,5	14,3	29,6
W462/VEE/KOEL/3/PEG/MRL/BUC	1,5	13,7	27,8
OASIS/SKAUZ//4*BCN	1,6	14,8	31,2
KAUZ/WEAVER	1,7	14,8	28,9
KAUZ*2/BOW/KAUZ	1,5	15,4	32,0
TAM 2001 TUI	1,7	14,0	29,2
W462/VEE/KOEL/3/PEG/MRL/BUC	1,7	12,4	25,2
LAJ3302/2*MO88	2,0	15,3	28,3
PASTOR/2*SITTA	2,6	16,0	32,4
PICUS/4/CS5A	2,1	11,3	25,6
OASIS/KAUZ//4*BCN	1,7	12,7	26,2
OPATA/RAYON//KAUZ	1,7	13,2	26,7
OASIS/STAR/3*STAR	1,7	14,1	30,8
KAUZ*2//SAP/MON/B/KAUZ	1,7	13,4	28,5
RAYON F 89	2,0	14,3	31,9
KAUZ*2/BOW//KAUZ	1,9	13,4	29,1
SELAYAR	1,6	13,6	31,4
NIAS	1,4	12,9	31,1
DEWATA	1,7	14,5	31,0

Sumber: Suarni dan Hamdani (2009).

biji gandum varietas Selayar, Nias dan Dewata tidak beda jauh dengan hasil penelitian Suarni dan Hamdani (2009).

Protein merupakan salah satu cadangan makanan yang terdapat dalam biji gandum dan banyak terdapat di bagian endosperm biji. Protein berguna menunjang pertumbuhan biji selama proses berkecambah, sehingga jenis protein yang dibutuhkan selama proses perkecambahan adalah protein terlarut (dapat dihidrolisis dengan mudah oleh protease). Biji gandum mengandung beberapa jenis protein penting, yaitu albumin, globulin, gliadin, dan prolamin, yang tersimpan pada endosperm sebagai cadangan makanan dan sewaktu-waktu dirombak untuk proses perkecambahan (Sramkovaa *et al.* 2009).

Kandungan protein merupakan salah satu tolok ukur yang sangat penting untuk mengetahui katagori gandum. Pada biji gandum terkandung protein 10-20%. Rata-rata kadar protein biji gandum yang diteliti adalah 14,65%, dengan kisaran 14,03-15,64%, tertinggi pada CBD-17 dan terendah pada CBD-20 (Tabel 2). Angka ini relatif sama dengan kadar protein gandum varietas Selayar, Nias, dan Dewata berkisar antara 12,9-14,5% (Tabel 3).

Tabel 4. Komposisi asam amino penyusun protein terigu dan tepung sorgum.

Asam amino	Terigu (%)	Sorgum (Isiap Dorado) (%)
Alanin	0,49	0,85
Arginin	0,73	0,32
Asam aspartat	0,56	0,69
Asam glutamat	3,83	1,58
Glisin	0,56	0,26
Isoleusin	0,43	0,28
Lisin	0,38	0,18
Fenilalanin	0,61	0,27
Prolin	1,51	0,29
Serin	0,32	0,38
Treonin	0,36	0,15
Tirosin	0,39	0,22
Valin	0,55	0,49
Leusin	0,88	1,39

Sumber: Suarni (2004).

Perubahan kadar protein dari biji gandum menjadi tepung terigu relatif kecil. Misalnya varietas Dewata, dari 14,0% pada biji menjadi 13,7% pada tepung terigu. Pada varietas Selayar dari 13,6% pada biji menjadi 13,1% pada tepung terigu. Pada varietas Nias dari 12,9% pada biji menjadi 13,4% pada tepung terigu (Tabel 3). Perubahan komposisi nutrisi biji gandum setelah menjadi tepung terigu akibat proses penepungan, sehingga kehilangan kandungan serat pangan, fitosterol pada produk tepung terigu (Pomeranz 1971). Perubahan komposisi protein dan nutrisi lainnya terjadi sejak fase pengisian biji hingga panen, dan umur panen berpengaruh terhadap kadar protein biji (Daniel and Triboi 2002).

Salah satu faktor yang menentukan mutu protein bahan pangan adalah komponen asam amino penyusunnya. Kandungan asam amino esensial relatif lebih tinggi pada terigu dibanding tepung sorgum (Tabel 4). Pada terigu, asam amino lisin 0,38%, lebih tinggi dibanding tepung sorgum yang hanya 0,18%. Kadar asam amino fenilalanin tepung terigu adalah 0,61%, lebih tinggi dibanding tepung sorgum dengan kadar 0,18%. Kadar prolin pada terigu adalah 1,51%, lebih tinggi dari tepung sorgum yang hanya 0,29%.

Kadar asam glutamat terigu adalah 3,83%, lebih tinggi dibanding tepung sorgum yang hanya 1,58%. Meskipun asam glutamat bukan termasuk asam amino esensial, namun berpengaruh terhadap sifat sensori produk olahan, terutama dari segi rasa. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji organoleptik dari segi rasa roti tawar dengan bahan tepung sorgum yang hanya dapat mensubstitusi terigu hingga 20% (Suarni dan Patong 2002).

Dalam pembuatan makanan, hal yang perlu diperhatikan adalah ketepatan penggunaan jenis tepung terigu. Tepung terigu dengan kadar protein 12-14% ideal untuk bahan roti dan mie, 10,5-11,5% untuk biskuit, pastry dan donat, sedangkan untuk gorengan, cake dan wafer sebaiknya dengan kadar protein 8-9%.

Lemak

Lemak dalam bahan makanan merupakan komponen esensial yang dibutuhkan tubuh, tetapi berpengaruh terhadap umur simpan bahan pangan tersebut. Biji gandum mengandung lemak 2-2,5% (bk) dengan konsentrasi berkisar antara 25-30% pada bagian germ (Winarno 2002, Didin 2008). Kisaran kadar lemak 1,82-2,51% dengan rata-rata 1,65 (Tabel 2). Lemak biji gandum terdiri atas campuran trigliserida, yaitu senyawa gliserol dan tiga asam lemak berupa fosfatidilkolin kolin, etanolamin fosfatidilkolin, dan fosfatidilkolin serin, serta 32 turunan lysophosphatidyl, di mana ada satu grup hidroksil bebas pada bagian gliserol. Komposisi lemak gandum sangat berpengaruh pada kualitas tepung. Biji gandum yang berkualitas tinggi antara lain memiliki kandungan lemak yang rendah. Biji gandum yang dikecambahkan selama beberapa jam akan menghasilkan tepung rendah lemak dan dapat digunakan sebagai makanan diet. Dalam keadaan tertentu, biji gandum perlu dikecambahkan untuk menghasilkan tepung rendah lemak yang diolah menjadi makanan diet. Selain itu, selama proses tersebut terjadi penurunan kandungan senyawa antinutrisi, seperti tripsin inhibitor, tanin, pentosan, dan asam fitat (Handoyo *et al.* 2006, Handoyo 2008). Perkecambahan selama beberapa jam menyebabkan menurunnya kandungan lemak pada biji gandum DNS 14 (jenis Dark Northern Spring). Kandungan lemak tertinggi terdapat pada tanpa perkecambahan (kontrol) sebesar 2,11% dan terendah pada lama perkecambahan 32 jam yaitu 1,84% (Indaryati 2011). Selama perkecambahan, lemak terhidrolisis menjadi asam lemak dan gliserol dengan bantuan enzim lipase. Menurut Pranoto *et al.* (1990), hasil perombakan lemak berupa asam lemak bebas dan gliserol kemudian dipindahkan ke embrio. Menurut Miyake *et al.* (2004), perkecambahan dapat menurunkan kadar lemak pada *buck wheat* dan gandum. Semakin lama waktu perkecambahan, semakin berkurang ketersediaan lemak dalam biji gandum.

Bagian lembaga biji gandum mengandung protein dan lemak bermutu tinggi sebagai pangan fungsional (Matz 1992). Lemak lembaga gandum terdapat pada komponen fitosterol 1,3-1,7% (Formo *et al.* 1979). Marliyati *et al.* (2005) telah mengekstrak lemak lembaga gandum dengan nisbah pelarut heksan : etanol 1:3 (v/v) dengan rendemen 15,8%. Mengekstrak komponen fitosterol dari lemak tersebut menghasilkan rendemen tertinggi dengan nisbah pelarut heksan : etanol 82:18 (v/v) yaitu 1,37% atau 11,70% terhadap lipida. Suplementasi sterol lembaga gandum ke dalam margarin dapat mengimbangi kolesterol yang terkandung dalam bahan makanan tersebut (Marliyati *et al.* 2010).

Fitosterol mempunyai sifat antiaterogenik, sehingga mengonsumsi fitosterol dalam jumlah yang banyak dapat menekan penyerapan kolesterol dalam tubuh sehingga akan meningkatkan ekskresinya (Hui 1996). Intervensi secara klinis menunjukkan kadar kolesterol total dan LDL (Low Density Lipid) dapat mencegah penyakit jantung coroner (Cleghorn *et al.* 2003).

Karbohidrat

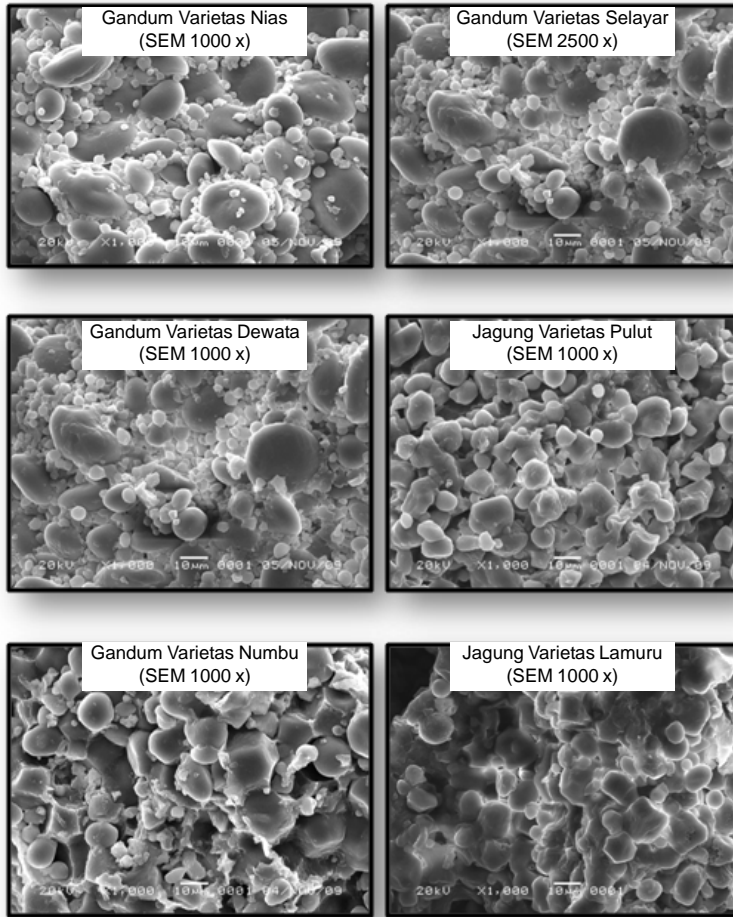
Gandum merupakan komoditas serealia sumber karbohidrat. Sebagian besar komposisi karbohidrat gandum adalah pati. Gandum dan serealia lainnya menyimpan energi dalam bentuk pati. Jumlah pati yang terkandung dalam sebutir gandum bervariasi antara 60-75% dari total bobot kering. Kekurangan pati gandum adalah tidak dapat diekstrak seperti pati jagung dan sorgum, karena matriks proteinnya sangat kuat, bahkan membentuk gluten yang apabila ditambahkan air.

Pati gandum terbentuk pada benih dalam bentuk butiran, memiliki dua jenis granula pati, besar (25-40 μm) lenticular dan kecil (5-10 μm) yang bulat. Menurut Stoddard (1999), pati dengan ukuran granula yang kecil baik untuk dijadikan bahan baku makanan. Pati gandum dengan ukuran granula yang sempit atau seragam akan menghasilkan produk yang lebih baik. Granula lenticular terbentuk selama 15 hari pertama setelah penyerbukan. Butiran kecil, representatif sekitar 88% dari total butiran, muncul 10-30 hari setelah penyerbukan (Belderok *et al.* 2000). Glenn dan Saunders (1990) mengamati bentuk dan ukuran granula pati gandum menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) beberapa genotipe gandum. Hasilnya terdapat perbedaan ukuran, tetapi hanya memiliki dua jenis granula pati.

Ukuran granula pati gandum, jagung, dan sorgum dengan menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat perbedaan bentuk dan ukuran antara granula pati terigu, pati jagung dan pati sorgum. Bentuk granula pati varietas gandum Selayar, Nias, dan Dewata relatif sama, hanya ukurannya yang berbeda (Suarni *et al.* 2009).

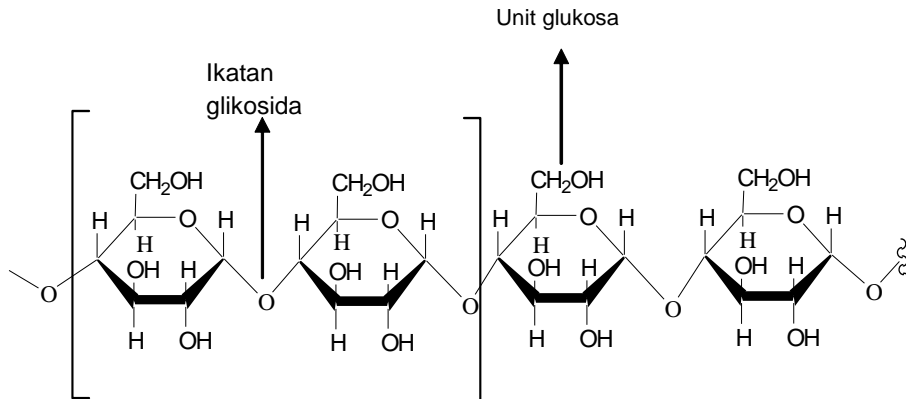
Secara kimiawi, pati merupakan polimer glukosa yaitu amilosa dan amilopektin. Pati gandum yang normal biasanya mengandung 20-30% amilosa dan 70-80% amilopektin (Belderok *et al.* 2000, Suarni dan Hamdani 2009). Pati biji gandum terbentuk dari dua jenis polimer glukosa yaitu amilosa dan amilopektin (Satorre and Slafer 1999). Amilosa merupakan rantai unit-unit D-glukosa yang panjang dan tidak bercabang, digabungkan oleh ikatan $\alpha(1\rightarrow4)$, sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang. Ikatan glikosidik yang menggabungkan residu glukosa yang berdekatan dalam rantai amilopektin ialah ikatan $\alpha(1\rightarrow4)$, tetapi titik percabangan amilopektin merupakan ikatan $\alpha(1\rightarrow6)$.

Bobot molekul amilosa dan amilopektin bergantung pada asal sumber botaninya. Amilosa merupakan komponen dengan rantai lurus, sedangkan amilopektin adalah komponen dengan rantai bercabang. Amilosa merupakan polisakarida berantai lurus berbentuk heliks dengan ikatan glikosidik α -1,4 (Gambar 3). Jumlah molekul glukosa pada rantai amilosa bervariasi antara 250-350 unit. Amilopektin merupakan polisakarida bercabang dengan ikatan glikosidik α -1,4 pada rantai lurus dan ikatan α -1,6 pada percabangan (Gambar 4). Titik percabangan amilopektin lebih banyak dibanding amilosa (Dziedzic and Kearsley 1995).

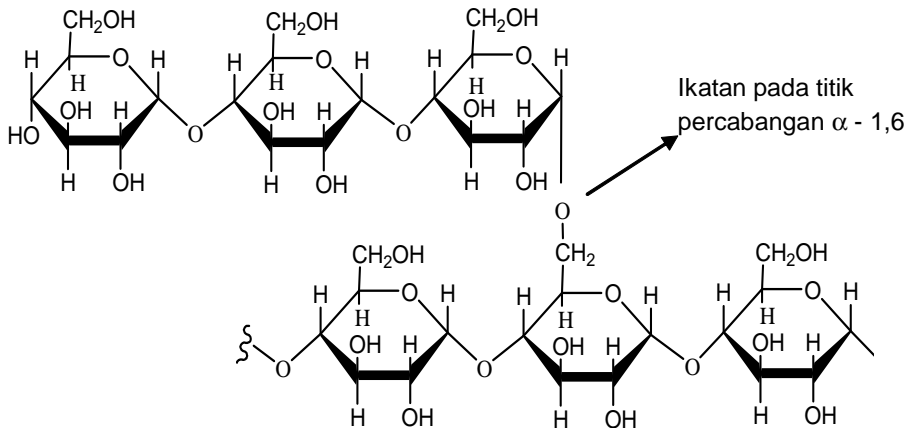


Gambar 2. Bentuk dan ukuran granula pati gandum, jagung, dan sorgum
 Sumber: Suarni *et al.* (2009).

Salah satu komponen karbohidrat gandum yang bersifat pangan fungsional adalah serat pangan yang sampai saat ini paling banyak digunakan dalam makanan fungsional. Serat dedak gandum dan gum adalah contoh serat makanan yang sering ditambahkan ke dalam makanan fungsional. Serat makanan yang larut dalam air seperti *polydextrose* digunakan dalam minuman fungsional. Manfaat fisiologis produk yang diberi serat makanan antara lain mengatur fungsi-fungsi usus, mencegah penyakit *divertikulosis*, *konstipasi*, mengendalikan kolesterol darah, mengatur kadar gula darah, mencegah obesitas dan mengurangi risiko kanker kolon (Irawan dan Wijaya 2002). 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).



Gambar 3. Rumus struktur amilosa (Dziedzic and Kearsley 1995).



Gambar 4. Rumus struktur amilopektin (Dziedzic and Kearsley 1995).

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, α -glukan, selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Wildman 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 cukup tinggi, hasil survei menunjukkan asupan rata-rata serat makanan orang dewasa Indonesia hanya 10,5 g/hari (Direktorat Gizi Masyarakat 2000).

Mineral dan Vitamin

Bahan makanan yang dikonsumsi termasuk terigu kekurangan zat besi, Zn, dan pro. vit A (Sramkova *et al.* 2009). Rodriguez *et al.* (2011) menginformasikan bahwa biji gandum memiliki kandungan mineral fosfor (2370 ± 333 mg/kg), natrium (102 ± 52 mg/kg), kalium (4363 ± 386 mg/kg), kalsium (351 ± 62 mg/kg), magnesium (1163 ± 155 mg/kg), besi ($40,0 \pm 5,5$ mg/kg), tembaga ($2,68 \pm 0,93$ mg/kg), seng ($32,1 \pm 2,9$ mg/kg), mangan ($22,1 \pm 3,5$ mg/kg), dan selenium ($67,7 \pm 40,4$ µg/kg). Gandum kaya vitamin B kompleks. Di antara sumber vitamin B, kadar riboflavin lebih tinggi daripada beras pecah kulit, tiamin setara dengan beras pecah kulit, sedangkan kadar niasin tertinggi pada gandum, dan riboflavin setara dengan sorgum tetapi lebih rendah dibanding jagung (Tabel 5). Komoditas sereal lain termasuk sumber mineral kalsium relatif tinggi dengan kisaran 25-35 mg/100g, gandum setara dengan beras pecah kulit, sorgum terendah dan jewawut tertinggi.

Kelebihan sorgum adalah mengandung kadar besi yang lebih tinggi dibanding sereal lain. Kandungan besi gandum adalah 3,5 mg/100 g masih termasuk tinggi, tetapi akan turun drastis dalam bentuk terigu, akibat terkikis pada setiap tahapan proses pengolahan dari gandum menjadi terigu. Hal ini juga terjadi pada komponen mineral dan vitamin lainnya.

SIFAT FISIKOKIMIA GANDUM DAN TERIGU

Sifat fisiko kimia gandum dan terigu perlu diketahui karena merupakan landasan dalam menentukan produk yang akan dihasilkan. Sifat fisiko kimia gandum dan terigu dari varietas Selayar, Dewata dan Nias disajikan pada Tabel 6.

Terigu adalah produk dari biji gandum setelah melalui proses cukup panjang. Pada pabrik pengolahan gandum menjadi terigu, kegiatan uji sifat fisiko kimia sampel setiap produksi merupakan keharusan sehingga menjadi pekerjaan rutin. Kualitas tepung terigu dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti *moisture* (kadar air), *ash* (kadar abu), dan beberapa parameter fisik lainnya seperti *water absorption*, *development time*, *stability*, dan parameter fisikokimia lainnya (Glenn and Saunders 1990, Uthayakumaran and Lukow 2003).

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

Komoditas	Tiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niasin (mg)	Kalsium (mg)	Zat besi (mg)
Sorgum	0,38	0,15	4,3	25	5,4
Beras pecah kulit	0,41	0,04	4,3	33	1,8
Jagung	0,38	0,20	3,6	26	2,7
Gandum	0,41	0,10	5,1	30	3,5
Jewawut	0,42	0,19	1,1	35	3,9

Sumber: Direktorat Gizi, Dep. Kes. RI (1992).

Tabel 6. Komposisi kimia, gluten, sifat fisiko kimia gandum dan terigu dari varietas Selayar, Dewata dan Nias.

Parameter	Selayar		Dewata		Nias	
	Gandum	Terigu	Gandum	Terigu	Gandum	Terigu
Air (%)	11,83	13,5	11,3	11,8	11,7	12,5
Protein (%)	13,6	13,1	14,0	13,7	12,9	13,4
Abu (%)	1,56	0,57	1,54	0,67	1,36	0,66
Gluten basah (%)	31,4	32,2	31,0	35,0	31,1	34,1
Waktu jatuh (detik)	302	315	125	212	240	273
Uji berat (kg/hl)	82,6	-	82,3	-	80,8	-
Berat 1000 biji (gr)	48,8	-	46,87	-	44,8	-
Rendemen tepung (%)	-	80,3	-	80,9	-	79,2
Nilai warna	-	3,3	-	1,8	-	3,2
Maltosa (%)	-	3,3	-	4,1	-	3,2
Daya Serap Air (%)	-	68,3	-	73,9	-	72,4
Waktu pengembangan (menit)	-	3,9	-	3,5	-	3,0
Stabilitas (menit)	-	3,6	-	3,5	-	2,7
Toleransi (BU)	-	65	-	80	-	100
Extensibilitas (mm)	-	180	-	160	-	180
Resistansi ekstensi (BU)	-	115	-	110	-	75
Area (cm ²)	-	36,9	-	28,8	-	31,0

Sumber: Suarni dan Hamdani (2009).

Moisture adalah kadar air tepung terigu yang mempengaruhi kualitas tepung. Bila jumlah kadar air melebihi standar maksimum maka memicu terjadinya penurunan daya simpan tepung terigu karena cepat rusak, berjamur, dan bau apek.

Ash adalah kadar abu pada tepung terigu yang mempengaruhi proses dan hasil akhir produk, antara lain warna produk (warna *crumb* pada roti, warna mie) dan tingkat kestabilan adonan. Semakin tinggi kadar abu semakin buruk kualitas tepung, sebaliknya semakin rendah kadar abu semakin baik kualitas tepung. Tingginya kadar abu suatu bahan menunjukkan tingginya komponen mineral.

Water Absorption (daya serap air) adalah kemampuan tepung terigu menyerap air. Kemampuan daya serap air tepung terigu berkurang bila kadar air dalam tepung (*moisture*) terlalu tinggi atau disimpan pada tempat yang lembab. Daya serap air bergantung pada produk yang akan dihasilkan, dalam pembuatan roti umumnya diperlukan daya serap air yang lebih tinggi daripada pembuatan mie dan biskuit.

Developing Time adalah kecepatan tepung terigu dalam pencapaian keadaan *develop* (kalis). Bila waktu pengadukan adonan kurang sempurna, disebut *under mixing*, menyebabkan volume adonan tidak maksimal sehingga tekstur/remah roti kasar, roti terlalu kenyal, aroma roti asam, roti cepat keras, permukaan kulit roti pecah dan tebal. Sebaliknya, bila kelebihan pengadukan adonan, disebut *over mixing*, menyebabkan volume roti melebar, kurang

mengembang, remah roti kasar, warna kulit roti pucat, permukaan roti mengecil, permukaan kulit roti terdapat banyak gelembung dan roti kurang kenyal.

Stability adalah kemampuan tepung terigu untuk menahan stabilitas adonan agar tetap sempurna meskipun telah melewati waktu develop (kalis). Stabilitas tepung pada adonan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain kandungan protein, kualitas protein, dan zat tambahan (*additive*).

Gluten

Gluten merupakan campuran protein antara dua jenis protein gandum yaitu glutenin dan gliadin. Protein dibedakan menjadi (1) larut yaitu albumin-globulin dan (2) tidak larut yaitu gliadin-glutenin, perbandingan senyawaan tersebut dalam kondisi yang baik untuk membentuk gluten. Glutenin memberikan sifat yang tegar dan gliadin memberikan sifat yang lengket, sehingga mampu memerangkap gas yang terbentuk selama proses pengembangan adonan (Winarno 2002). Dias *et al.* (2011) menjelaskan bahwa gluten dibentuk dari gliadin dan glutenin, gluten mempunyai peranan penting dalam pembentukan struktur, secara fungsional dapat meningkatkan nilai *baking expansion* karena bersifat hidrofilik. Gluten dapat merenggangkan ikatan antar molekul sehingga air akan masuk ke dalam molekul pati, akibatnya terjadi peningkatan volume dan pengembangan granula pati pada saat pemanggangan, serta kemampuan gluten mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen yang kuat, dapat meningkatkan daya kembang produk akhir.

Kualitas produk bakery/roti, mi dan sejenisnya bergantung pada kualitas terigu. Terigu mempunyai kelebihan dibanding tepung yang lainnya, terletak pada sifat pembentukan gluten. Gluten bersama pati gandum akan membentuk struktur dinding sel (*building block*) yang menghasilkan remah produk. Sifat spesifik tersebut kurang dimiliki oleh sereal lain, termasuk jagung, sorgum, jewawut dan padi, tetapi menjadikannya tidak sesuai dengan penderita alergi gluten.

Gluten menyebabkan penyakit intoleransi terhadap gluten (*celiac disease*). Kondisi tersebut ditandai oleh terjadinya radang mukosa usus halus sehingga tidak dapat berfungsi secara normal. Gluten terdapat pada gandum, gandum hitam, dan barley. Untuk menghindari konsumsi gluten dapat mengkonsumsi produk lain yang berasal dari beras, jagung, dan sorgum (Winarno 2002, Steven 2004). Pemberian enzim protease mengakibatkan penurunan kandungan protein alergenik pada tepung terigu. Perombakan oleh enzim protease juga terhadap protein alergenik menjadi asam amino bebas dan protein sederhana, maka kandungannya lebih rendah. Tepung gandum rendah protein alergenik hasil dari metode *pre-germinated wheat flour* sesuai bagi penderita alergi, sehingga dapat mengonsumsi makanan yang dibuat dari gandum (Handoyo 2008).

Penelitian Suarni dan Zakir (2001) menunjukkan kandungan gluten sorgum sangat rendah < 1% dengan mutu yang kurang baik, sehingga tepung sorgum

hanya mampu mensubstitusi 15-20% terigu untuk produk roti dan sejenisnya. Kandungan gluten pada gandum dan terigu dari beberapa galur dan varietas dapat dilihat pada (Tabel 3 dan 6).

Kemampuan daya bentuk produk dari terigu ditentukan oleh mutu dan jumlah glutennya. Jenis terigu yang dibuat dari gandum keras (*hard wheat*) mengandung protein yang bermutu baik (>10,5%) sesuai untuk pembuatan roti. Jenis terigu dari gandum lunak (*soft wheat*) dengan kandungan protein <10% digunakan untuk membuat *cake*, *cookies*, pastel (U.S. Wheat Associates 1983). Gluten gandum dapat diekstrak dan telah dikomersialkan, dibutuhkan pada adonan berbasis tepung yang kurang memiliki gluten, dengan produk yang memerlukan elastisitas adonan dan pengembangan volume olahan pada pemanggangan. Gluten gandum (wheat gluten/WG) diekstrak dari bagian endosperm dengan komposisi protein-lemak-pati. Gluten gandum komersial memiliki komposisi 72,5% protein (77,5% berat kering), 5,7% lemak, 0,7% abu, 6,4% air, karbohidrat, pati, dan komponen lainnya (Clodualdo *et al.* 1994).

PENUTUP

Informasi karakter struktur biji, komposisi kimia, sifat fisiko kimia dan fungsional serta mutu nutrisi gandum setiap varietas diperlukan sebagai rujukan oleh pemulia gandum dalam merakit varietas unggul. Hal ini juga diperlukan untuk diversifikasi pangan dan sebagai landasan bagi industri pangan dalam memilih bahan baku/varietas dan pengolahan yang sesuai dengan produk yang diinginkan. Dedak gandum mengandung serat kasar yang tinggi, berpotensi sebagai bahan pakan ternak besar, sedangkan untuk ternak unggas memerlukan perlakuan pengolahan sebelum digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Belderok, B., H. Mesdag, and D.A. Donner. 2000. Bread-making quality of wheat. Springer, New York.
- Betty, Y. A. dan M. Dahlan. 1989. Penampilan galur-galur terigu pada beberapa waktu tanam. Dalam Adisarwanto *et al.* (eds.): Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Balittan. Malang. Hlm. 137-140.
- Bogasari. 2011. Seputar Tepung Terigu. PT ISM Bogasari Flour Mills, Jakarta.
- Bushuk, W., and Rasper, V.F. 1994. Wheat: Production, Properties, and Quality. Chapman & Hall. United Kingdom.
- Clodualdo, C.M., S. Bassi, and J.M. Hesser. 1994. Wheat gluten in food and non-food systems. Midwest Grain Products. Inc. International Wheat Gluten Association. Research Dep. Technical Bulletin. 16(6):1-8.
- Dahlan, M., Rudijanto, J. Mardianto, dan M. Jusuf. 2003. Usulan pelepasan varietas gandum: Hahn/2#Weaver dan DWR 162. Balitsereal. Maros. 21 hlm.

- Daniel, C. and E. Triboi. 2002. Changes in wheat protein aggregation during grain development: Effects of temperatures and water stress. *Eur. J. Agron.* 16:1-12.
- Dias, A. R. G., Zavareze, E.D.R., Elias, M. C., Helbig, E., Silva, D.B.D dan Ciacco, C.F. 2011. Pasting, Expansion and Textural Properties of Fermented Cassava Starch Oxidized with Sodium Hypochlorite. *Carbohydr. Polym.* 84: 268-275.
- Didin. 2008. Terigu bergizi kaya nutrisi. www/myeflour.blogspot.com/2008/06.
- Direktorat Gizi Masyarakat. 1992. Komposisi nutrisi bahan pangan. Dep. Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Direktorat Gizi Masyarakat. 2000. Pedoman pemantauan konsumsi gizi. Dep. Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Dziedzic, S.Z. dan Kearsley M.W. 1995. The technology of starch production. *In: S.Z. Dziedzic and M.W. Kearsley (Eds.)*. Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives Blackie Academic and Professional, London.
- Eliasson, A.C., K. Lorson. 1993. Cereal in breadmaking. Marcel Dekker. Inc. New York. p. 241-256.
- Formo, M.W., E. Jungermann, F.A. Norris, and N.O.V. Sonntag. 1979. *Bailey Industrial oil and fat products*. 1 (4th) edition. John Wiley and Sons. Inc. Canada.
- Glenn, G.M. and R.M. Saunders. 1990. Physical and structural properties of wheat endosperm Associated with Grain Texture. 67(2):176-182.
- Gordon. 1989. Functional properties and physiological action of total dietary fiber. *Cereal Food World* 34(7): 515-517.
- Hamdani, M., Sriwidodo, Ismail, dan Marsum Dahlan. 2002. Evaluasi galur terigu introduksi dari CIMMYT. Prosiding Kongres IV dan Simposium Nasional Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia. Fakultas Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Handoyo, T., Maeda, T., Urisu, A., Adachi, T., and Morita, N. 2006. Hypoallergenic buckwheat flour preparation by *Rhizopus oligosporus* and its application to soba noodle. *Food Res. Int.* 39: 598-605.
- Handoyo, T. 2008. Kandungan gamma-amino butyric acid dan protein alergenik selama perkecambahan biji gandum. Prosiding Seminar Nasional Pangan. Yogyakarta.
- Hui. YH. 1996. *Bailey industrial oil and fat products*. 1 (5th ed. Vol.3). Edible Oil and Fat products. Product and Application Technology. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Indaryati, D.A. 2011. Perubahan kualitas nutrisi biji gandum selama pra-perkecambahan. Skripsi. Fak. Pertanian Univ. Jember. 32 hlm.
- 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.
- Jaroni, D., S.E. Scheideler, M. Beck and C. Wyatt. 1999. The effect of dietary wheat midds and enzyme supplementation on late egg production efficiency, egg yields and composition in two strain of leghorns. *Poult. Sci.* 78: 841-847.
- Lu., Z.X, K.Z. Walker, J.G Moir, T. Mascara, and K.O'Dea. 2000. Arabinoxylan fiber, a by product of wheat flour processing, reduces the postprandial glucose response in normoglycemic subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 71: 1123-1128.
- Marliyati, S.A., H. Syarif, D. Muchtadi, L.K. Darusman, dan Rimbawa. 2005. Ekstraksi dan analisis fitosterol lembaga gandum (*Triticum sp.*). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 16(1):1-12.

- Marliyati, S.A., H. Syarief, D. Muchtadi, L.K. Darusman, dan Rimbawa. 2010. Suplementasi sterol lembaga gandum (*Triticum sp.*) pada margarin. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 20(1):73-79.
- Matz, Z.A. 1992. *Bakery technology and engineering* (3rded). Van Nostrand Reinhold. New York.
- Miyake, K., R. Morita, T. Handoyo, T. Maeda, dan N. Norita. 2004. Characterization of graded buckwheat flours and some properties of germinated „Mancan buckwheat grains. *Fagopyrum*. 21: 91-97.
- Murtini, E. S. Susanto. T. Kusumawardani. R., 2005. Karakterisasi sifat fisik, kimia dan fungsional tepung gandum lokal varietas Selayar, Nias, dan Dewata. *J. Tek. Pert.* 6 (1): 57-64.
- Olsen. 2007. “Endosperm: Developmental and Molekuler Biology” ISBN 3-540-71234-8 <https://en.wikipedia.org/wiki/endosperm>, <https://.wikipedia.org/wiki/wheat flour>
- Pomeranz, Y. 1971. Composition and functionality of wheat flour components *dalam Y. Pomeranz. Wheat Chemistry and Technology*. The AACC. Ind., St. Paul.
- Porter J.R. 2005. Rising temperatures are likely to reduce crop yields. *Nature* 436:174.
- Pranoto, H.S, W.Q Mugnisjah, E. Muniarti. 1990. *Biologi benih*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ramli, N., R.A. Haryodi, dan D.G. Dinata. 2005. Evaluasi kualitas nutrien dedak gandum hasil olahan enzim yang diproduksi *Aspergillus niger* dan *Trichoderma viride* pada ransum ayam broiler. *Media Peternakan* 28(3):124-129.
- Rodriguez, L. H., Morales, D. A., Rodriguez, E. R. dan Romero, C. D. 2011. Minerals and trace elements in a collection of wheat landraces from the canary islands. *J. Food Composition and Analysis*. 24:1081-1090.
- Sardesai, V. 2003. *Introduction to clinical nutrition*. Marcel DekkerInc., New York. p. 339-354.
- Sattore, E.H. and G.A., Slafer. 1999. *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Product Press. Binghamton, NY.
- Sihotang, SNJ., Z. Lubis, Ridwansyah. 2015. Karakteristik fisikokimia dan fungsional tepung gandum yang ditanam di Sumatera Utara. *J. Rekayasa Pangan dan Pert.* 3(3): 330-337.
- Singh, S.S. and B.B. Singh. 2001. *IARI wheats for evergreen revolution*. Indian Agricultural Research Justitute New Delhi, India.
- Sramkovaa, Z., E. Gregovab, and E. Sturdika. 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca* 2(1):115-138.
- Steven, P. 2004. *The Spectrum of Distractions. Autism, OCD, Asperger’s, and ADD. The four ways we feel compelled to master our world.*
- Stoddard, F.L. 1999. Survey of starch particle size distribution in wheat and related species. *Journal Cereal Chemistry*. 76(1):145-149.
- Stone, P. 2001. The effects of heat stress on cereal yield and quality. In: Basra AS. (*Eds.*), *Crop Responses and Adaptation to Temperature Stress*. Binghamton NY: Food Products Press. hlm 243-291.
- Suarni dan M. Zakir. 2001. Studi sifat fisikokimia tepung sorgum sebagai bahan substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian* 20(2):58-62.

- Suarni dan R. Patong. 2002. Tepung sorgum sebagai bahan substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 21(1):43-47.
- Suarni. 2004. Komposisi asam amino penyusun protein beberapa sereal. *Jurnal Stigma* 12(3):352-355.
- Suarni dan M. Hamdani. 2009. Karakterisasi nutrisi dan sifat fisikokimia beberapa galur dan varietas unggul gandum. *Prosiding Seminar Nasional Balai Besar Pascapanen*. Bogor. hlm. 24-31.
- US Wheat Associates. 1981. *Pedoman pembuatan roti dan kue (terjemahan)*. Jakarta: Djambatan, hlm. 1-10.
- Uthayakumar, S. and O.M. Lukow. 2003. Functional and multiple end-use characterisation of canadian wheat using a reconstituted dough system. *J. Sci. Food Agric.* 83: 889-898.
- Wildman, R.E.C. and D.M. Medeiros. 2000. Carbohydrates. Dalam *Advanced human nutrition*. New York: CRC press. Boca Raton. p. 88-97.
- Winarno. 2002. *Kimia Pangan*. Gramedia Jakarta.
- Yang, J., R.G. Sears, B.S. Gill, and G.M. Paulsen. 2002. Quantitative and molecular characterization of heat tolerance in hexaploid wheat. *Euphytica* 126: 275-282.