

Artikel Penelitian

Pengaruh Lama Pemanasan terhadap Kualitas Kimia *Wheat Pollard* yang Berpotensi sebagai Prebiotik

Effect of Heating Time on the Chemical Quality of Wheat Pollard as a Prebiotic Potential Agent

Cahya Setya Utama^{1*}, Zuprizal², Chusnul Hanim², Wihandoyo²

¹Laboratorium Teknologi Pakan, Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang

²Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Korespondensi dengan penulis (cahyasetyautama@gmail.com)

Artikel ini dikirim pada tanggal 13 Juni 2019 dan dinyatakan diterima tanggal 11 Agustus 2019. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2019

Abstrak

Penelitian bertujuan mengkaji pengaruh lama pemanasan *wheat pollard* dengan *autoclave* untuk mendapatkan monomer-monomer yang berpotensi sebagai prebiotik. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap pola searah dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan. Parameter yang diamati adalah komponen proksimat (kadar air, abu, lemak kasar, protein kasar, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen atau BETN), komponen fiber (*acid detergent fibre* atau ADF, *neutral detergent fibre* atau NDF, selulosa, hemiselulosa, lignin), gross energi, mannosa, arabinosa, glukosa, sukrosa, rafinosa, amilosa, amilum, amilopektin, *resistant starch* dan profil *wheat pollard* melalui *scanning electron microscope* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan yang nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar air, abu, protein kasar, serat kasar, BETN, NDF, hemiselulosa, lignin, selulosa, gross energi, rafinosa, glukosa, arabinosa, sukrosa, amilosa, amilum, amilopektin, *resistant starch* namun tidak ada pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) pada lemak kasar, ADF dan manosa. Indikator *wheat pollard* sebagai prebiotik terlihat dari peningkatan kadar rafinosa, arabinosa dan *resistant starch* berturut-turut sebesar 0,72 menjadi 3,95%; 0,51 menjadi 1,04%; 0,51 menjadi 1,04% dan 5,28 menjadi 14,15%. Kesimpulan penelitian ini adalah *wheat pollard* yang dipanaskan selama 15 menit dapat memberikan komposisi terbaik sebagai prebiotik.

Kata kunci: *wheat pollard*, prebiotik, pemanasan, rafinosa, *resistant starch*

Abstract

This study was done to examine the heating time of wheat pollard to obtain potentially prebiotic monomers. The study used a completely randomized design with 4 treatments and 4 replications. The observations were water content, ash, crude fat, crude protein, crude fiber, extract without nitrogen, acid detergent fiber or ADF, neutral detergent fiber or NDF, cellulose, hemicellulose, lignin, gross energy, mannose, arabinose, glucose, sucrose, raffinose, amylose, starch, amylopectin, resistant starch and wheat pollard profile through scanning electron microscope (SEM). The results showed that there was a significant treatment effect ($p < 0.05$) on moisture, ash, crude protein, crude fiber, extract without nitrogen, NDF, hemicellulose, lignin, cellulose, gross energy, raffinose, glucose, arabinose, sucrose, amylose, starch, amylopectin, resistant starch but not significant effect ($p > 0.05$) of treatments in crude fat, ADF and mannose. The indicator of wheat pollard as a prebiotic was able to be seen from an increase in raffinose, arabinose and resistance starch levels from 0.72 to 3.95%; 0.51 to 1.04%; 0.51 to 1.04%, and 5.28 to 14.15%, respectively. As conclusion, heating time for 15 minutes might provide a function to turn wheat pollard into prebiotic agent.

Keywords: *wheat pollard*, prebiotic, heating, raffinose, resistance starch

Pendahuluan

Wheat pollard merupakan hasil samping dari pengolahan gandum yang kaya serat dan oligosakarida. *Wheat pollard* memiliki karakteristik fisik, kimia dan mempunyai sifat non starch polisakarida (NSP) (Amerah, 2015). Serat dan oligosakarida yang tinggi dapat mengakibatkan flatulensi (timbulnya gas) dalam saluran pencernaan dan mengganggu kesehatan manusia (Utama *et al.*, 2018) sehingga perlu dilakukan pengolahan. Proses pengolahan salah satunya dengan pemanasan (Utama *et al.*, 2017). Perlakuan panas dengan air yang cukup dapat menyebabkan gelatinisasi yang meningkatkan kerentanan terhadap degradasi pati dalam saluran pencernaan. Kandungan air yang rendah selama pemrosesan pakan dapat membatasi tingkat

gelatinisasi, tetapi suhu gelatinisasi dan tingkat gelatinisasi dapat dipengaruhi oleh sifat-sifat pati, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi pencernaan (Svihus, *et al.*, 2005). Bahan pangan yang dipanaskan dapat terpecah ikatan kimianya sehingga pencernaan bahan tersebut meningkat dan mampu berperan sebagai pangan fungsional (Kruger dan Matsuo, 1996). Pengolahan dengan panas juga dapat meningkatkan gelatinisasi pati (Bjorck *et al.*, 1985) dan menurunkan anti nutrisi (Hancock *et al.*, 1991) serta dapat meningkatkan kandungan *resistant starch* (RS), termasuk pada produk *wheat pollard* yang kadar peningkatannya dapat mencapai 19% sehingga mampu berperan sebagai prebiotik (Aparicio-Saguilan, 2005). *Resistant starch* positif mempengaruhi fungsi saluran pencernaan,

mikroflora di dalam saluran pencernaan, kadar kolesterol darah, indeks glikemik dan membantu dalam pengendalian kadar gula darah (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2010). *Resistant starch* mencakup bagian pati yang tahan terhadap pencernaan amilase pankreas di usus kecil, dengan demikian langsung dapat mencapai usus besar. *Resistant starch* dapat dianggap prebiotik dan tidak diserap dalam usus (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2011). Prebiotik merupakan sumber nutrisi bagi probiotik dan nutrisi yang tidak tercerna oleh usus (Jannah *et al.*, 2014; Bengmark, 2001). Prebiotik dapat meningkatkan panjang vili-vili usus dan penghalang bagi bakteri patogen yang menempel langsung di permukaan usus sehingga mampu meningkatkan penyerapan nutrisi (Fuller, 2001). Prebiotik hanya dapat dimanfaatkan oleh bakteri probiotik (*Lactobacillus* dan *Bifidobacteria*) dan tidak dapat dimanfaatkan bakteri lain yang hidup di usus seperti *E. coli* dan *Bacteroides* (Al-Baarri *et al.*, 2017; Hamilton, 2004). Sumber prebiotik alternatif selain oligosakarida, polisakarida, serat, gula alkohol dan kitosan adalah *resistant starch* (Topping *et al.* 2003).

Resistant starch merupakan fraksi pati yang tahan terhadap hidrolisis oleh enzim pencernaan amilase serta perlakuan pemapasan secara *in vitro* (Lu *et al.* 2005). Brown *et al.* (1996) menyatakan bahwa *resistant starch* memberikan peranan terpenting pada pertumbuhan bakteri probiotik didalam colon seperti *bifidobacteria*. Sajilata *et al.* (2006) menyatakan bahwa RS yang melewati usus halus, dimanfaatkan sebagai substrat untuk pertumbuhan bakteri probiotik. Topping *et al.* (2003) dan Grovers *et al.*, (1999) menyatakan bahwa interaksi antara *resistant starch* dan mikroorganisme di dalam saluran pencernaan babi dan manusia dapat menghasilkan *short chain fatty acids* (SCFA) di dalam kolon yang dapat mencegah kanker kolon.

Sumber prebiotik lainnya yaitu rafinosa yang dapat terhidrolisis menjadi melibiosa dan fruktosa dengan bantuan enzim invertase yang terdapat pada *Saccharomyces cerevisiae* (Kearsly, 1988). Oligosakarida dari kelompok rafinosa tersebut tidak dapat dicerna, karena mukosa usus mamalia tidak mempunyai enzim alfa-galaktosidase, sehingga oligosakarida tersebut tidak dapat diserap oleh tubuh dan menyebabkan timbulnya flatulensi yaitu suatu keadaan menumpuknya gas di dalam lambung. Gas ini timbul karena bakteri yang terdapat dalam saluran pencernaan memfermentasi oligosakarida terutama pada bagian usus halus, sehingga terbentuklah gas karbondioksida, hidrogen dan sejumlah kecil metan, yang juga dapat menurunkan pH (Rackis, 1989).

Kebaharuan dari penelitian ini adalah ditemukannya metode pengolahan sumber karbohidrat menjadi prebiotik dilihat dari kandungan oligosakarida dan *resistant starchnya* melalui perlakuan yang aplikatif, yaitu pemanasan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan untuk pengolahan makanan sumber karbohidrat atau makanan yang mempunyai kandungan oligosakarida tinggi. Kandungan oligosakarida dan *resistant starch* yang tinggi dapat berperan sebagai prebiotik dalam saluran pencernaan sehingga proses

pencernaan dan keseimbangan mikroorganisme di dalam saluran pencernaan dapat terjaga baik. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh lama pemanasan terhadap kualitas kimia *wheat pollard* yang menjadi sumber prebiotik. Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian adalah mengetahui pengolahan *wheat pollard* menjadi prebiotik. Hasil penelitian diharapkan dapat diaplikasikan dalam proses bahan pangan lanjutan pada produk yang mempunyai kandungan *non starch polysaccharide* (NSP) sehingga mampu berperan sebagai pangan fungsional, ataupun pengolahan bahan pakan berkadar pati tinggi.

Materi dan Metode

Materi

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah *wheat pollard* (Sriboga Raturaya, Semarang), aquades, kertas saring, kertas saring Whatman 41 (China), H₂SO₄ 0,3 N, NaOH 1,5 N, acetone, selenium, H₃BO₃ 4%, Indikator Methyl Red (MR) dan Methylene Blue (MB), NaOH 45%, HCl 0,1 N, H₂SO₄ teknis, Na₂EDTA, Na₂B₄O₇, Na-lauryl sulfat, etanol, Na₂HPO₄, Na₂SO₄, cetyltrimethylammonium bromide (CTAB), enzim alfa amilase, buffer fosfat 0,1 M, enzim pepsin 1%, enzim beta amilase, amilosa murni, asam asetat 1 N dan alkohol 10%. Alat yang digunakan adalah nampan plastik, plastik kapasitas 5 kg dengan ketebalan 0,5 mm, autoclave (All American, US), bom kalorimeter 1341 (Parr Instrument Company, USA), spektrofotometer UV-mini 1240 (Shimadzu, Japan) dan scanning electron microscope JSM-6510LA (Tokyo, Japan).

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap pola searah dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan. Teknik pemanasan *wheat pollard* pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan autoclave. Perlakuan penelitian adalah tanpa perlakuan autoclave dan dengan autoclave 0, 15, dan 30 menit. Parameter yang diamati adalah kadar air, abu, lemak kasar, protein kasar, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN), acid detergent fibre (ADF), neutral detergent fibre (NDF), selulosa, hemiselulosa, lignin, gross energi, mannanosa, arabinosa, glukosa, sukrosa, rafinosa, amilosa, amilum, amilopektin, *resistant starch* dan profil *wheat pollard* melalui scanning electron microscope (SEM).

Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan menyiapkan *wheat pollard* dengan kadar air 45% sesuai dengan penelitian Utama *et al.* (2017). Sebanyak 300 g *wheat pollard* dengan kadar air 14% kemudian ditambahkan air sebanyak 169 ml dan dicampur rata, setelah itu seluruhnya dimasukkan ke dalam autoclave dan dipanaskan sampai suhu 121°C selama 0, 15 dan 30 menit. Setelah dipanaskan, *wheat pollard* dikeringkan dalam oven yang telah diatur suhunya pada suhu 50°C tanpa setting kelembaban secara khusus selama ±48 jam, setelah itu *wheat pollard* dihaluskan dengan menggunakan diskmill sampai berbentuk tepung dan segera dianalisis sesuai parameter. Sampel yang tersisa disimpan didalam botol plastik dan disimpan

pada suhu ruang. Pengukuran komponen proksimat meliputi kadar air, abu, lemak kasar, protein kasar dan serat kasar yang dilakukan dengan menggunakan prosedur AOAC (2006), gros energi dengan menggunakan bomb kalorimeter, analisis serat menggunakan metode Goering dan Van Soest (1970), dan analisis karbohidrat dan oligosakarida dilakukan sesuai prosedur Sudarmadji *et al.* (1984). Profil serat *wheat pollard* dengan menggunakan *scanning electron microscope*.

Analisis Data

Data pengukuran parameter profil *wheat pollard* diukur dengan *scanning electron microscope* yang diset pada perbesaran 5000x dan hasilnya dijelaskan secara deskriptif, sedangkan data pengaruh lama *autoclave* pada parameter kadar air, abu, lemak kasar, protein kasar, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen), *acid detergent fibre*, *neutral detergent fibre*, selulosa, hemiselulosa, lignin, gross energi, mannososa, arabinosa, glukosa, sukrosa, rafinosa, amilosa, amilum, amilopektin, *resistant starch* dianalisis secara statistik dengan menggunakan rancangan acak lengkap pola searah dan bila berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) (Steel dan Torrie, 1993).

Hasil dan Pembahasan

Analisis Proksimat

Kadar air pada Tabel 1 mencerminkan kadar air setelah mengalami pemanasan dengan *autoclave* pada suhu 121°C (dengan lama pemanasan 0, 15 dan 30 menit) sedangkan kadar air pada perlakuan tanpa pemanasan merupakan kadar air sebelum dilakukan pemanasan pada suhu 121°C. Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($P<0,05$) perlakuan tanpa dan dengan pemanasan 0–30 menit yang menghasilkan kadar air berkisar 41,50±0,30 sampai 44,68±0,32%. Perubahan kadar air disebabkan oleh proses pemanasan dengan *autoclave* yang mencapai suhu 121°C sebagai akibat dari pembengkakan granula pati yang mengakibatkan air terperap didalam granula pati (Sajilata *et al.*, 2006). Perbedaan yang signifikan terlihat dari perlakuan tanpa pemanasan dengan lama pemanasan 0 dan 15 menit sedangkan lama pemanasan tidak memberikan perberbedaan yang nyata pada kadar air. Hasil yang bervariasi ini disebabkan oleh penurunan kadar protein kasar dan BETN yang diakibatkan oleh perlakuan lama pemanasan (Utama *et al.*, 2017). Perlakuan lama pemanasan mengakibatkan proses gelatinisasi. Proses gelatinisasi terjadi karena air masuk ke dalam sel sehingga granula pati dapat membengkak dan mempengaruhi kadar air bahan sedangkan pada perlakuan lama *autoclave* 30 menit dapat menyebabkan pelepasan air dari dalam sel sebagai akibat pecahnya granula pati dan akhirnya dapat mempengaruhi kadar air bahan (Gambar 1). Howling (1980) menyatakan bahwa air berperan sebagai penghantar panas yang baik sehingga mampu mempengaruhi struktur pati yang terkandung dalam *wheat pollard* dan menyebabkan gelatinisasi. Perbedaan kadar air yang diakibatkan oleh

lama pemanasan pada suhu 121°C menyebabkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$) pada parameter gross energi, glukosa, sukrosa, arabinosa (Tabel 3), kadar rafinosa, amilum, amilosa, amilopektin dan resistant starch (Tabel 4). Perlakuan lama pemanasan pada suhu 121°C mengakibatkan retrogradasi pati yang dapat mengubah struktur pati untuk mendukung pembentukan struktur kristalin baru sehingga pati tidak mudah larut. Pati yang tergelatinisasi dapat membentuk struktur pasta pati. Pasta pati dapat bercampur dengan granula pati yang belum tergelatinisasi sehingga pembentukan gel terjadi. Hal ini menyebabkan pembentukan jaringan tiga dimensi oleh molekul primer yang berada pada seluruh volume gel yang terbentuk akibat terjerapnya air didalam gel (Elliason dan Gadmundsson, 1996; Marsono, 1999; Sajilata *et al.*, 2006). Fenomena ini mengakibatkan perubahan struktur serat yang terkandung di dalam *wheat pollard* sehingga dapat dimanfaatkan sebagai prebiotik (Gambar 1).

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya pengaruh yang nyata ($P<0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar abu. Perbedaan nyata ($p<0,05$) terlihat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit (4,87±0,15%); 0 menit (4,53±0,12%) dan tanpa pemanasan (4,22±0,22%) sedangkan pada 15 menit (4,67±0,12%) berbeda tidak nyata. Hal ini disebabkan oleh pemanasan dengan *autoclave* pada suhu 121°C yang mengakibatkan komponen nutrisi *wheat pollard* rusak sehingga dapat mempengaruhi kadar abu *wheat pollard*. Semakin lama proses pemanasan, nilai rata-rata kadar abu semakin meningkat dari 4,22±0,22% pada perlakuan tanpa pemanasan menjadi 4,87±0,15% pada perlakuan lama pemanasan 30 menit (Tabel 1). Kenaikan kadar abu pada perlakuan lama pemanasan 30 menit disebabkan oleh penurunan kadar BETN dan protein kasar (Tabel 1). Wahyu (1994) menyatakan bahwa abu merupakan unsur pembentuk bahan ekstrak tanpa nitrogen dan berpengaruh pada komposisi bahan organik.

Lemak kasar merupakan campuran beberapa senyawa yang larut dalam pelarut lemak. Hasil analisis statistik menunjukkan terdapat pengaruh tidak nyata perlakuan lama pemanasan terhadap kadar lemak kasar. Kadar lemak kasar perlakuan tanpa pemanasan sebesar 0,03±0,02%; lama pemanasan 0 menit sebesar 0,02±0,01%; 15 menit sebesar 0,03±0,02% dan 30 menit sebesar 0,01±0,01%. Kadar lemak *wheat pollard* yang relatif sama mengakibatkan perlakuan pemanasan dengan *autoclave* tidak berbeda nyata. Perlakuan lama pemanasan yang dilakukan tidak mempengaruhi komponen lemak, tetapi mempengaruhi komponen pati. Bryant and Hamaker (1997) menyatakan bahwa komoditas sumber pati (*wheat pollard*) biasanya rendah lemak. Perubahan struktur pati seperti retrogradasi dan cross-linking karena tidak bersifat menghidrolisis amilosa, diduga tetap mempertahankan lemak berada dalam rantai polimer amilosa, sehingga tidak menghasilkan perbedaan kadar lemak diantara perlakuan lama *autoclave* (Thomas and Atwell, 1997).

Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($p<0,05$) pada perlakuan lama pemanasan

Tabel 1. Komposisi proksimat *wheat pollard* pada lama pemanasan 0, 15, dan 30 menit

Parameter	Tanpa Pemanasan	Lama Pemanasan (menit)		
		0	15	30
Kadar Air (%)	44,68±0,32 ^a	41,50±0,30 ^c	41,88±0,29 ^{bc}	42,23±0,15 ^b
Abu (% BK)	4,22±0,22 ^c	4,53±0,12 ^b	4,67±0,12 ^{ab}	4,87±0,15 ^a
Lemak Kasar (% BK)	0,03±0,02	0,02±0,01	0,03±0,02	0,01±0,01
Protein Kasar (% BK)	14,09±0,61 ^b	14,32±0,09 ^b	15,18±0,40 ^a	13,14±0,56 ^c
Serat Kasar (% BK)	5,38±0,44 ^c	6,95±0,62 ^b	7,30±0,91 ^{ab}	8,23±0,28 ^a
BETN (% BK)	76,28±1,12 ^a	74,18±0,58 ^b	72,82±0,85 ^c	73,75±0,41 ^{bc}

Keterangan: superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Tabel 2. Komponen fiber *wheat pollard* pada lama pemanasan 0, 15, dan 30 menit

Parameter (% BK)	Tanpa Pemanasan	Lama Pemanasan (menit)		
		0	15	30
ADF	0,15±0,05	0,09±0,02	0,13±0,02	0,11±0,02
NDF	1,43±0,38 ^a	0,54±0,13 ^b	0,76±0,15 ^b	0,62±0,13 ^b
Hemiselulosa	1,28±0,38 ^a	0,45±0,14 ^b	0,63±0,15 ^b	0,50±0,14 ^b
Lignin	0,07±0,01 ^b	0,03±0,02 ^c	0,05±0,02 ^{bc}	0,12±0,01 ^a
Selulosa	0,08±0,04 ^a	0,06±0,02 ^a	0,08±0,03 ^a	0,01±0,01 ^b

Keterangan: superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

terhadap kadar protein kasar. Perbedaan yang nyata terdapat pada perlakuan lama pemanasan 15 menit (15,18±0,40%) dengan 0 menit (14,32±0,09%), 30 menit (13,14±0,56%) serta tanpa pemanasan (14,09±0,61%), namun lama pemanasan 0 menit berbeda tidak nyata dengan tanpa pemanasan. Perlakuan lama pemanasan selama 15 menit, mampu menaikkan kandungan protein kasar. Hal ini disebabkan oleh penurunan kadar air bahan dan kadar BETN akibat proses lama pemanasan. Penurunan kadar air disebabkan oleh proses pemanasan dengan *autoclave* pada suhu 121°C yang mengakibatkan pembengkakan granula pati sehingga air terjebak didalam granula pati. Kandungan BETN dari yang terendah ke tertinggi yaitu perlakuan lama pemanasan 15, 30, 0 menit dan tanpa pemanasan, yang berturut-turut sebagai berikut: 72,82±0,85; 73,75±0,41; 74,19±0,58; dan 76,28±1,12%.

Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar serat kasar. Kandungan serat kasar perlakuan tanpa pemanasan sampai lama pemanasan 30 menit mengalami kenaikan yang signifikan (Tabel 1). Perbedaan yang nyata terdapat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit (8,23±0,28%) berbeda nyata dengan lama pemanasan 0 menit (6,95±0,62%) dan tanpa pemanasan (5,38±0,44%), namun tidak berbeda nyata dengan lama pemanasan 15 menit (7,30±0,91%). Hal ini disebabkan oleh lama di dalam *autoclave* pada suhu 121 °C yang mengakibatkan proses gelatinisasi yaitu pecahnya granula yang menyebabkan bagian amilosa dan amilopektin berdifusi keluar. Marsono (1999) dan Sajilata *et al.* (2006) menyatakan bahwa pecahnya granula pati menyebabkan pembentukan jaringan tiga dimensi yang mengakibatkan perubahan struktur serat yang terkandung didalam *wheat pollard*. Semakin meningkat kadar serat kasar diikuti dengan menurunnya kadar air akibat lama pemanasan (Tabel 1). Penurunan kadar air diakibatkan oleh granula pati yang pecah akibat lama pemanasan sehingga mempengaruhi komponen amilosa dan berpengaruh pada kandungan serat kasar.

Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($P < 0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar BETN. Perbedaan yang nyata terdapat pada perlakuan tanpa pemanasan (76,28±1,12%) dengan lama pemanasan 0 menit (74,18±0,58%), 15 menit (72,82±0,85%) dan 30 menit (73,75±0,41%). Perlakuan lama pemanasan 0 menit berbeda nyata dengan perlakuan lama pemanasan 15 menit namun keduanya berbeda tidak nyata dengan perlakuan lama pemanasan 30 menit. Kandungan BETN perlakuan tanpa pemanasan sampai lama pemanasan 30 menit cenderung mengalami penurunan yang signifikan (Tabel 1). Penurunan kadar BETN seiring dengan kenaikan kadar protein kasar perlakuan. Kandungan BETN perlakuan tanpa pemanasan, 0, 15 dan 30 menit berturut-turut adalah 76,28±1,12%; 74,19±0,58%; 72,82±0,85% dan 73,75±0,41%. Kadar BETN tertinggi pada perlakuan tanpa pemanasan. Hal ini dikarenakan perlakuan tanpa pemanasan tidak mengalami proses *autoclave* pada suhu 121°C. Kadar BETN terendah yaitu pada perlakuan lama pemanasan 15 menit. Hal ini terjadi karena proses *autoclave* mengakibatkan gugus amino dan karboksil mengalami perubahan, namun sampel dengan kode T2 belum terlihat mengalami kerusakan (Gambar 1). Proses pemanasan dengan *autoclave* mengakibatkan gugus amin dan karbonil mengalami perubahan, yang sering disebut sebagai reaksi Maillard. Harris dan Karmas (1988) menyatakan bahwa bahan pakan yang mengalami reaksi Maillard secara visual masih berwarna seperti aslinya, belum berubah menjadi berwarna coklat, namun demikian lisin dalam protein bahan pakan tersebut sudah tidak tersedia lagi secara biologis (bioavailabilitasnya menurun).

Analisis Kandungan Fiber

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh tidak nyata pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar ADF (Tabel 2). Kadar ADF perlakuan tanpa pemanasan, lama pemanasan 0, 15 dan 30 menit berturut-turut adalah 0,15±0,05; 0,09±0,02; 0,13±0,02 dan 0,11±0,02%. Hal ini dimungkinkan terjadi

banyaknya fraksi ADF yang tidak terlarut setelah melalui proses pelarutan pada larutan detergent asam. Komponen penyusun ADF adalah selulosa dan lignin (NRC, 2001). Kandungan ADF dapat digunakan untuk menduga besaran energi pada bahan berserat (Jung, 1997).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar NDF. Perbedaan sangat nyata terlihat pada perlakuan tanpa pemanasan ($1,43 \pm 0,38\%$) berbeda dengan perlakuan lama pemanasan 0 menit ($0,54 \pm 0,13\%$), 15 menit ($0,76 \pm 0,15\%$) dan 30 menit ($0,62 \pm 0,13\%$), namun perlakuan lama pemanasan 0, 15 dan 30 menit berbeda tidak nyata (Tabel 2). Perbedaan tersebut disebabkan oleh perubahan kadar lignin pada wheat pollard akibat lama pemanasan. Semakin lama pemanasan, semakin menurun kandungan NDF dari $0,07 \pm 0,01$ menjadi $0,12 \pm 0,01\%$. Penurunan nilai NDF disebabkan meningkatnya kadar lignin yang mengakibatkan menurunnya kadar hemiselulosa (Crampton dan Haris, 1969). Konsentrasi *neutral detergent fiber* dalam pakan atau dalam ransum memiliki korelasi negatif dengan konsentrasi energi. Nilai energi pada perlakuan tanpa pemanasan sebesar $4055,13 \pm 3,69$ kcal/kg, perlakuan lama pemanasan 0, 15 dan 30 menit berturut-turut sebesar $4152,27 \pm 16,54$ kcal/kg, $4272,96 \pm 19,11$ kcal/kg, $4222,67 \pm 26,19$ kcal/kg. Pakan atau ransum yang memiliki kandungan NDF yang sama belum tentu memiliki jumlah energi yang sama (Tabel 2 dan Tabel 3), untuk itu bahan pakan atau ransum yang memiliki konsentrasi NDF yang lebih tinggi kemungkinan memiliki jumlah energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pakan atau ransum yang memiliki kandungan NDF yang lebih rendah (NRC, 2001).

Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar hemiselulosa. Perbedaan sangat nyata terlihat pada perlakuan tanpa pemanasan ($1,28 \pm 0,38\%$) berbeda dengan perlakuan lama pemanasan 0 menit ($0,45 \pm 0,14\%$), 15 menit ($0,63 \pm 0,15\%$) dan 30 menit ($0,50 \pm 0,14\%$), namun perlakuan lama pemanasan 0, 15 dan 30 menit berbeda tidak nyata (Tabel 2). Perbedaan kadar hemiselulosa disebabkan oleh lama pemanasan pada suhu 121°C . Kadar hemiselulosa tertinggi pada perlakuan tanpa pemanasan sebesar $1,28 \pm 0,38\%$ sedangkan terendah pada perlakuan lama pemanasan 0 menit sebesar $0,45 \pm 0,14\%$. Penurunan kadar hemiselulosa disebabkan oleh pemanasan pada suhu 121°C dan diikuti penurunan nilai NDF serta meningkatnya kadar arabinosa (Tabel 3). Kadar NDF perlakuan menurun dari $1,43\%$ (pada kontrol) menjadi $0,54\%$ (pada 0 menit). Crampton dan Haris (1969) menyatakan bahwa penurunan kadar NDF diikuti dengan peningkatan kadar lignin dan penurunan kadar hemiselulosa. Kandungan hemiselulosa merupakan selisih kandungan NDF dan ADF (Preston and Leng, 1987; Van Soest *et al.*, 1991). Hidrolisis hemiselulosa dengan panas dapat menurunkan kandungan hemiselulosa pada *wheat pollard*. Proses pemasakan yang didasarkan pada peningkatan suhu akibat

penambahan uap panas dapat memecah ikatan-ikatan kimia dan menyebabkan berbagai tingkat degradasi yang meningkatkan kecernaan (Bjorck *et al.*, 1985; Hancock *et al.*, 1991; Kruger and Matsuo, 1996).

Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar lignin. Perbedaan nyata terlihat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit ($0,12 \pm 0,01\%$) berbeda dengan perlakuan tanpa pemanasan ($0,07 \pm 0,01\%$), lama pemanasan 0 menit ($0,03 \pm 0,02\%$) dan 15 menit ($0,05 \pm 0,02\%$), namun perlakuan lama pemanasan 0 menit berbeda tidak nyata dengan perlakuan lama pemanasan 15 menit (Tabel 2). Hal ini disebabkan oleh menurunnya kadar NDF. Kadar lignin tertinggi pada perlakuan lama pemanasan 30 menit sebesar $0,12 \pm 0,01\%$ sedangkan perlakuan terendah pada lama pemanasan 0 menit sebesar $0,03 \pm 0,02\%$. Peningkatan kadar lignin disebabkan oleh adanya penurunan nilai NDF. Kadar NDF perlakuan menurun dari $1,43\%$ (tanpa pemanasan) menjadi $0,54\%$ (0 menit). Crampton and Haris (1969) menyatakan bahwa penurunan kadar NDF diikuti dengan peningkatan kadar lignin dan penurunan kadar hemiselulosa. Lignin merupakan bagian dari ADF dimana lignin merupakan bagian yang tidak larut dalam H_2SO_4 72% (Preston and Leng, 1987; Van Soest *et al.*, 1991).

Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kadar selulosa. Perbedaan yang nyata terlihat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit ($0,01 \pm 0,01\%$) dengan perlakuan tanpa pemanasan ($0,08 \pm 0,04\%$), lama pemanasan 0 ($0,06 \pm 0,02\%$) dan 15 menit ($0,08 \pm 0,03\%$), namun perlakuan tanpa pemanasan berbeda tidak nyata dengan perlakuan lama pemanasan 0 dan 15 menit (Tabel 2). Hal ini disebabkan oleh lama pemanasan pada suhu 121°C . Kadar selulosa tertinggi pada perlakuan tanpa pemanasan sebesar $0,08 \pm 0,04\%$ dan terendah pada perlakuan lama pemanasan 30 menit sebesar $0,01 \pm 0,01\%$. Penurunan kadar selulosa diakibatkan oleh lama pemanasan 30 menit pada suhu 121°C . Hancock *et al.* (1991) menyatakan bahwa pengolahan pakan dengan uap panas dapat menurunkan serat kasar. Selulosa merupakan bagian dari ADF dimana selulosa adalah bagian yang larut dalam H_2SO_4 72% (Preston and Leng, 1987; Van Soest *et al.*, 1991).

Gross Energi dan Monosakarida

Hasil analisis statistik menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada perlakuan lama pemanasan terhadap kandungan gross energi. Tabel 3 menggambarkan bahwa peningkatan nilai gross energi dari perlakuan tanpa pemanasan sampai lama pemanasan 30 menit. Perbedaan sangat nyata terlihat pada lama pemanasan 15 menit ($4272,96 \pm 19,11$ kcal/kg) berbeda nyata dengan lama pemanasan 30 menit ($4222,67 \pm 26,19$ kcal/kg) dan 0 menit ($4152,27 \pm 16,54$ kcal/kg) serta perlakuan tanpa pemanasan ($4055,13 \pm 3,69$ kcal/kg). Kadar gross energi paling tinggi pada perlakuan lama pemanasan 30 menit sebesar $4222,67 \pm 26,19$ kcal/kg sedangkan kadar gross

Tabel 3. Gross energi dan monosakarida pada *wheat pollard* dengan lama pemanasan 0, 15, dan 30 menit

Parameter	Tanpa Pemanasan	Lama Pemanasan (menit)		
		0	15	30
Gross Energi (kcal/kg)	4055,13±3,69 ^d	4152,27±16,54 ^c	4272,96±19,1 ^a	4222,67±26,19 ^b
Glukosa(%BK)	0,70±0,07 ^c	0,77±0,01 ^{bc}	0,82±0,05 ^{ab}	0,86±0,01 ^a
Sukrosa(%BK)	3,26±0,01 ^a	2,66±0,12 ^b	1,92±0,10 ^c	1,69±0,05 ^d
Arabinosa(%BK)	0,51±0,04 ^d	0,63±0,08 ^c	0,92±0,05 ^b	1,04±0,03 ^a
Mannosa(%BK)	0,07±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01	0,06±0,03

Keterangan: superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (p<0,05).

Tabel 4. Kandungan rafinosa, amilum, amilosa, amilopektin dan *resistant starch wheat pollard* pada lama 0, 15, 30 menit

Parameter (% BK)	Tanpa Pemanasan	Lama Pemanasan (menit)		
		0	15	30
Rafinosa	0,72±0,05 ^c	2,87±0,01 ^b	3,95±0,01 ^a	0,48±0,01 ^d
Amilum	51,99±0,40 ^b	48,30±0,32 ^c	40,63±0,31 ^d	54,41±0,21 ^a
Amilosa	6,05±0,11 ^a	5,78±0,07 ^b	4,46±0,06 ^c	4,18±0,11 ^d
Amilopektin	45,94±0,50 ^b	42,52±0,32 ^c	36,17±0,28 ^d	50,23±0,28 ^a
<i>Resistant Starch</i>	5,28±0,03 ^d	5,40±0,03 ^c	13,30±0,04 ^b	14,15±0,05 ^a

Keterangan: superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (p<0,05).

energi terendah pada perlakuan tanpa pemanasan sebesar 4055,13±3,69kcal/kg. Peningkatan nilai gross energi disebabkan oleh peningkatan kadar serat kasar dan penurunan kadar air pada perlakuan tanpa pemanasan sampai perlakuan lama pemanasan 30 menit (Tabel 1). Peningkatan kadar serat kasar seiring dengan peningkatan kadar gross energi. Wahyu (1994) menyatakan bahwa kadar serat kasar yang berbeda pada bahan penyusun pakan dapat mempengaruhi nilai energi yang tersedia dalam pakan. Peningkatan kadar gross energi juga diikuti oleh peningkatan kadar glukosa dan arabinosa.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang nyata (p<0,05) pada parameter glukosa. Perlakuan lama pemanasan 30 menit (0,86±0,01%) berbeda nyata dengan perlakuan lama pemanasan 0 menit (0,77±0,01%) dan perlakuan tanpa pemanasan (0,70±0,07%), namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan lama pemanasan 15 menit (0,82±0,05%). Hal ini disebabkan oleh penurunan kadar sukrosa yang tergelatinisasi akibat perlakuan lama pemanasan sehingga menjadi monomer glukosa. Semakin lama proses pemanasan, kadar glukosa semakin meningkat. Kadar glukosa mencerminkan energi yang terkandung didalam bahan pakan. Peningkatan kadar glukosa dapat meningkatkan kandungan gross energi (Tabel 3) (Hodge and Osman, 1976; Cristofaro, *et al.*, 1994).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang nyata (p<0,05) pada parameter sukrosa. Perlakuan tanpa pemanasan berbeda nyata dengan perlakuan lama pemanasan 0, 15 dan 30 menit. Semakin lama proses pemanasan, kadar sukrosa semakin menurun. Kadar sukrosa *wheat pollard* perlakuan yaitu 3,26±0,01% (tanpa pemanasan); 2,66±0,12% (lama pemanasan 0 menit), 1,92±0,10% (lama pemanasan 15 menit) dan 1,69±0,05% (lama pemanasan 30 menit).

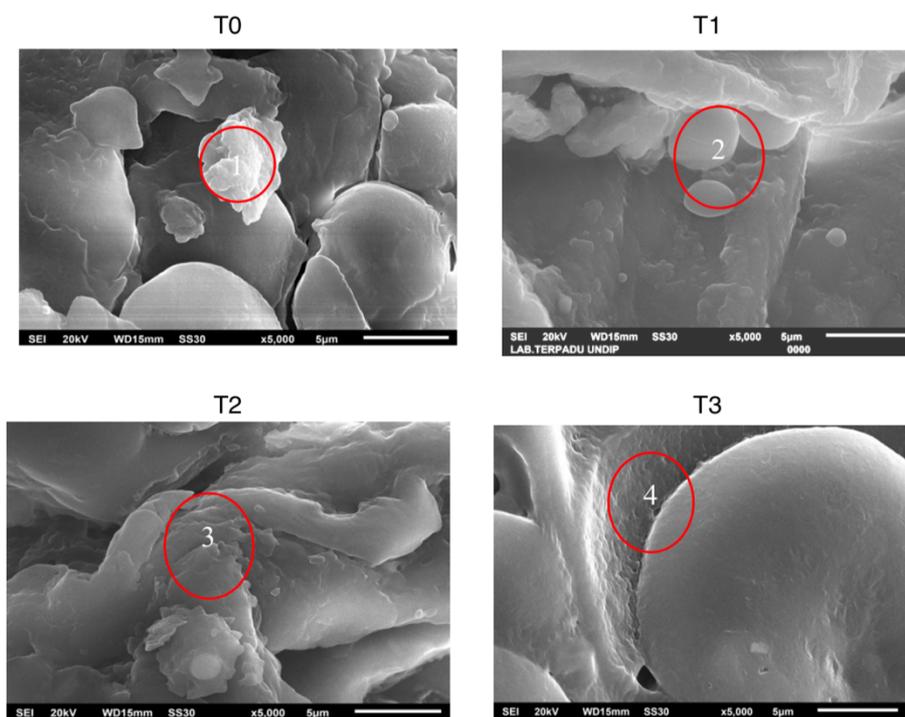
Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata (p<0,05) pada parameter arabinosa. Perbedaan yang nyata terdapat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit (1,04±0,03%)

berbeda nyata dengan perlakuan lama pemanasan 15 menit (0,92±0,05%) dan 0 menit (0,63±0,08%) serta tanpa pemanasan (0,51±0,04%). Kadar arabinosa paling tinggi pada perlakuan lama pemanasan 30 menit sebesar 1,04±0,03% sedangkan terendah pada perlakuan tanpa pemanasan sebesar 0,51±0,04%. Peningkatan kadar arabinosa disebabkan oleh lama pemanasan pada suhu 121°C. Semakin lama proses pemanasan, kandungan arabinosa semakin meningkat dan kandungan hemiselulosa semakin menurun (Tabel 2). Arabinosa dikenal sebagai gula arabinosa, pectin dan sering dikaitkan dengan heteropolisakarida dalam bentuk pulp tanaman, koloid, hemiselulosa, asam pektik, polisakarida bakteri, dan glikosida (Hodge and Osman, 1976).

Hasil analisis statistik menunjukkan terdapat pengaruh tidak nyata pada parameter mannanosa. Kandungan mannanosa *wheat pollard* perlakuan tanpa pemanasan sampai perlakuan lama pemanasan 30 menit berturut-turut sebagai berikut: 0,07±0,01; 0,06±0,01; 0,05±0,01; dan 0,06±0,03%. Mannanosa merupakan salah satu jenis monosakarida yang merupakan gula aldehida. Gula aldehida merupakan gula yang memiliki gugus karbon yang berikatan dengan satu atau dua atom hidrogen. Mannanosa merupakan bentuk monomer dari mannan oligosakarida yang berperan sebagai prebiotik (Hodge and Osman, 1976).

Kandungan rafinosa, amilum, amilosa, amilopektin dan *resistant starch*

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata (p<0,05) pada parameter rafinosa. Perbedaan yang nyata terdapat pada perlakuan lama pemanasan 15 menit (3,95±0,01%) berbeda nyata dengan perlakuan lama pemanasan 0 menit (2,87±0,01%) dan tanpa pemanasan (0,72±0,05%) serta lama pemanasan 30 menit (0,48±0,01%). Kadar rafinosa tertinggi pada perlakuan lama pemanasan 15 menit sebesar 3,95±0,01% dan terendah pada perlakuan lama pemanasan 30 menit sebesar 0,48±0,01%. Peningkatan kadar rafinosa didapatkan pada lama pemanasan 15 menit dari



Keterangan:

- T0: *Wheat pollard* tanpa pemanasan
- T1: *Wheat pollard* dipanaskan 0 menit
- T2: *Wheat pollard* dipanaskan 15 menit
- T3: *Wheat pollard* dipanaskan 30 menit

- 1: Granula pati sebelum dipanaskan tidak mengembang
- 2: Granula pati mengembang saat dipanaskan
- 3: Granula pati pecah dan isinya keluar
- 4: Granula pati rusak karena terlalu lama

Gambar 1. Gambar *scanning electron microscope* (SEM) hasil pemanasan *wheat pollard* dengan perbesaran 5000x

0,72±0,05% menjadi 3,95±0,01%, namun pada lama pemanasan 30 menit kadar rafinosa menurun menjadi 0,48±0,01% (Tabel 4). Rafinosa merupakan oligosakarida bersama dengan stakiosa dan verbaskosa. Proses pencernaan oligosakarida terdapat pada usus besar yang merupakan tempat fermentasi mikrobial yang menghasilkan SCFA sehingga oligosakarida ini dapat dikategorikan sebagai prebiotik (Kearsley, 1988).

Amilum (pati) terdiri dari amilosad dan amilopektin. Tabel 4 menggambarkan bahwa lama pemanasan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) pada kandungan amilum *wheat pollard*. Perbedaan nyata terlihat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit (54,41±0,21%) berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa pemanasan (51,99±0,40%), lama pemanasan 0 menit (48,30±0,32%) dan 15 menit (40,63±0,31%). Hal ini terjadi karena adanya proses gelatinisasi. Gelatinisasi terjadi jika granula pati dipanaskan di dalam air, maka energi panas dapat menyebabkan ikatan hidrogen terputus dan air masuk ke dalam granula pati. Ukuran granula dapat meningkat sampai batas tertentu sebelum akhirnya granula pati tersebut pecah (Gambar 1). Pecahnya granula menyebabkan bagian amilosa dan amilopektin berdifusi keluar (Wurzburg, 1989). Perlakuan lama pemanasan mengakibatkan terjadi retrogradasi pati sebagai akibat proses pemanasan (Sajilata *et al.*, 2006). Marsono (1999) menyatakan bahwa retrogradasi dapat mengubah struktur pati yang mengarah ke pembentukan struktur kristalin baru sehingga pati tidak mudah terlarut sehingga membentuk

jaringan tiga dimensi oleh molekul primer yang terentang pada seluruh volume gel yang terbentuk dengan memerangkap sejumlah air di dalamnya. Fenomena ini diharapkan perubahan struktur serat yang terkandung di dalam *wheat pollard* dapat merenggang atau pecah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai prebiotik.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata pada parameter amilosa. Perubahan kandungan amilosa secara signifikan diikuti oleh perubahan kandungan *resistant starch* (Tabel 4). Perbedaan nyata terlihat dari perlakuan tanpa pemanasan dengan lama pemanasan 0, 15 dan 30 menit berturut-turut sebesar: 6,05±0,11; 5,78±0,07; 4,46±0,06; dan 4,18±0,11%. Kadar amilopektin diperoleh dari pengurangan amilum dikurangi amilosa. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata ($P < 0,05$) pada parameter amilopektin. Perbedaan nyata terdapat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit (50,23±0,28%) berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemanasan (45,94±0,50%), lama pemanasan 0 menit (42,52±0,32%) dan 15 menit (36,17±0,28%). Semakin tinggi kandungan amilosa maka semakin rendah kandungan amilopektin (Tabel 4). Bahan sumber pati ketika dipanaskan, akan membentuk lapisan yang transparan, yaitu larutan dengan viskositas tinggi dan berbentuk lapisan seperti untaian tali yang disebut amilopektin. Amilopektin cenderung tidak terjadi retrogradasi dan tidak membentuk gel, kecuali pada konsentrasi tinggi (Belitz dan Grossch 1999). Kadar air *wheat pollard* sebesar 45% dengan lama pemanasan 30 menit menghasilkan presentase amilopektin paling tinggi

yaitu sebesar $50,23 \pm 0,28\%$, sedangkan dengan lama *autoclave* 15 menit menurun dari $45,94 \pm 0,50\%$ menjadi $36,17 \pm 0,28\%$.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata ($P < 0,05$) pada parameter resisten starch (RS). Perbedaan nyata terdapat pada perlakuan lama pemanasan 30 menit ($14,15 \pm 0,05\%$) berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemanasan ($5,28 \pm 0,03$), lama pemanasan 0 menit ($5,40 \pm 0,03\%$) dan 15 menit ($13,30 \pm 0,04\%$). Kadar RS tertinggi pada perlakuan lama pemanasan 30 menit sebesar $14,15 \pm 0,05\%$ dan terendah pada perlakuan kontrol sebesar $5,28 \pm 0,03\%$. Peningkatan kadar RS didapatkan pada lama pemanasan 30 menit. Sajilata *et al.* (2006) menyatakan bahwa peningkatan kadar RS disebabkan oleh proses pengolahan seperti pemanasan, perebusan dengan suhu tinggi dan proses retrogradasi berulang. Bahan pangan sumber pati yang pemanasan menghasilkan lebih tinggi kandungan RS dibandingkan dengan yang tidak dipanaskan. Peningkatan nilai RS mencapai 19% dan mampu berperan sebagai pangan fungsional (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2005). Penelitian Marsono (1999) pada gembili, suweg, uwi, entik, sukun, pisang, beras dan melinjo dengan proses pemanasan dapat mengakibatkan pembentukan pati resisten. Pada penelitian ini *resisten starch* termasuk kategori tinggi (Tabel 4). Goni *et al.* (1996) mengklasifikasikan kandungan *resisten starch* sebagai berikut; sangat rendah ($< 1\%$), rendah ($1-2,5\%$), sedang ($2,5-5\%$), tinggi ($5-15\%$) dan sangat tinggi ($> 15\%$).

Analisis SEM *wheat pollard*

Perubahan struktur *wheat pollard* yang disajikan pada Gambar 1 mencerminkan adanya perubahan struktur karbohidrat yang ada pada *wheat pollard* akibat proses pemanasan. Penambahan air pada *wheat pollard* memicu terjadinya proses gelatinisasi. Proses gelatinisasi terjadi apabila granula pati dipanaskan di dalam air sehingga energi panas, menyebabkan putus ikatan hidrogen dan air masuk ke dalam granula pati. Gambar 1 berkode T0 merupakan *wheat pollard* sebelum dipanaskan dengan *autoclave*. Gambar 1 dengan kode T1 merupakan pemanasan 0 menit sehingga belum terjadi proses gelatinisasi namun granula pati telah mengalami pembengkakan. Gambar 1 dengan kode T2 menjelaskan pecahnya granula pati yang menyebabkan bagian amilosa dan amilopektin berdifusi keluar sedangkan Gambar 1 dengan kode T3 merupakan gambaran kerusakan dinding amilosa dan amilopektin akibat proses gelatinisasi yang disebabkan oleh terlalu lama *wheat pollard* dipanaskan pada suhu dan tekanan yang tinggi. Tampak pada gambar tersebut, terjadi kerusakan granula pati yang disebabkan oleh masuknya air dan membentuk ikatan hidrogen dengan amilosa dan amilopektin. Meresapnya air ke dalam granula menyebabkan terjadinya pembengkakan granula pati, ukuran granula meningkat sampai batas tertentu dan akhirnya pecah. Pecahnya granula menyebabkan bagian amilosa dan amilopektin berdifusi keluar (Gambar 1 dengan kode T2). Wurzburg (1989) menyatakan bahwa suhu gelatinisasi ini diawali dengan pembengkakan yang *irreversible* granula pati dalam air panas dan kehilangan sifat kristalnya.

Perlakuan lama pemanasan dapat mengakibatkan retrogradasi pati. Marsono (1999) dan Sajilata *et al.* (2006) menyatakan bahwa retrogradasi dapat mengubah struktur pati yang mengarah ke pembentukan struktur kristalin baru sehingga pati tidak mudah terlarut. Pati yang tergelatinisasi dengan adanya air dapat membentuk struktur pasta pati. Pasta pati tersebut dapat bercampur dengan granula pati yang belum tergelatinisasi. Fenomena ini diharapkan merubah struktur serat yang terkandung di dalam *wheat pollard* sehingga dapat dimanfaatkan sebagai prebiotik (Gambar 1 dengan kode T2).

Hasil terbaik dari penelitian ini yaitu perlakuan lama pemanasan selama 15 menit. Kriteria terbaik terlihat dari kandungan protein kasar, gross energi, arabinosa, rafinosa, selulosa, hemiselulosa, lignin, *resistant starch* dan gambar SEM *wheat pollard*. Kadar arabinosa, rafinosa, selulosa, hemiselulosa, lignin dan *resistant starch* merupakan komponen prebiotik. Kadar protein dan gross energi merupakan faktor penentu kualitas nutrisi bagi makanan.

Kesimpulan

Perlakuan pemanasan pada *wheat pollard* dapat berakibat pada perubahan komponen analisis proksimat, komponen fiber, gross energi, kadar sakarida, serta *resistant starch* secara spesifik. Perubahan fisik Nampak jelas dengan tampilan pada SEM dan dari berbagai parameter yang dianalisis, maka *wheat pollard* yang dipanaskan selama 15 menit dapat memberikan komposisi terbaik sebagai prebiotik.

Daftar Pustaka

- Al-Baarri, A.N., Legowo, A.M., Pramono, Y.B., Sari, D.I., Pangestika, W. 2017. Glucose and D-Allulose contained medium to support the growth of lactic acid bacteria. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 102: 012058. DOI:10.1088/1755-1315/102/1/012058
- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Aparicio-Saguilán, A., Flores-Huicochea, E., Tovar, J., García-Suárez, F., Gutiérrez-Meraza, F., Bello-Pérez, L.A. 2005. Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and lintnerized banana starch: partial characterization. Starch/Stärke 57:405–412. DOI:10.1002/star.200400386.
- Amerah. A.M. 2015. Interactions between wheat characteristics and feed enzyme supplementation in broiler diets. Animal Feed Science and Technology 199:1-9. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2014.09.012.
- Benchmark, S. (2001). Pre, pro and symbiotics. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care 4(6): 571-579.
- Belitz, H.D., W. Grossch. 1999. Food Chemistry. Springer Verlag, Berlin.
- Bjorck, L., Matoba, T., Nair, B.M. 1985. *In vitro* enzymatic determination of the protein nutritional value and

- the amount of available lysine in extruded cereal based products. *Agricultural and Biological Chemistry* 49(4): 945-950. DOI:10.1080/00021369.1985.10866855.
- Brown, I. L., McNaught, K.J., Ganly, R.N., Conway, P.L., Evans, A.J., Topping, D.L. 2000. Probiotic compositions. Intl. Patent WO 96/08261/A1. Issued March 21, 2000. University of New South Wales.
- Bryant, C.M., Hamaker, B.R. 1997. Effect of lime and gelatinization of corn flour and starch. *Journal of Cereal Chemistry* 74(2):171-175. DOI:10.1094/CHEM.1997.74.2.171.
- Crampton, E.W., Haris, L.E. 1969. *Applied Animal Nutrition* Ed. 1st The Engsminger Publishing Company, California.
- Cristofaro, E., Motty, F., Wuhrmann, J.J. 1994. *Sugars in Nutrition*. Academic Press. New York.
- Eliasson, A.C., Gudmundsson, M. 1996. Starch: Physiochemical and Functional Aspects. in Eliasson, A.C. 1996. *Carbohydrates in Foods*. Marcell Dekker. New York.
- Fuller, R. 2001. The chicken gut microflora and probiotic supplements. *Journal of Poultry Science* 38:189-196. DOI:10.2141/jpsa.38.189.
- Fuentes-Zaragoza, E., Sañchez-Zapata, E., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A. 2011. Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch/Stärke* 63:406-415. DOI:10.1002/star.201000099.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E., Pérez-Álvarez, J.A., 2010. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International* 43(4): 931-942. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.02.004.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J. 1970. *Forage Fiber Analysis*. Agriculture Handbook No. 379. ARS, USDA, Washington DC.
- Govers, M. J. A. P, Gannon, N.J., Dunshea, F.R., Gibson, P. R., Muir, J.G. 1999. Wheat bran affects the site of fermentation of resistant starch and luminal indexes related to colon cancer risk: a study in pigs. *Gut* 45:840-847. DOI: 10.1136/gut.45.6.840.
- Hamilton, J.M.T. 2004. Probiotics and prebiotics in the elderly. *Postgraduate Medical Journal* 80:447-451. DOI:10.1136/pgmj.2003.015339.
- Hancock, J.D, Fines, R.F.F., Gugle, T.L. 1991. Extrusion of shorgum, soybean meal and whole soybeans improves growth performance and nutrient digestibility in finishing pigs. *Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service*. Kansas State University. Kansas.
- Harris, R. S., Karmas, E. 1988. *Nutritional Evaluation of Food Processing*. 3rd Ed. AVI Publ, Westport.
- Hodge, J. E., Osman, E.M. 1976. Carbohydrate. Dalam: Fennema, O.R. (ed.). *Principles of Food Sciences*. Marcel Dekker. Inc., New York.
- Howling D. 1980. The Influence of the structure of starch on its rheological properties. *Food Chemistry* 6(1): 51-61.
- Jannah, A.M., Legowo, A.M., Pramono, Y.B., Al-Baarri, A.N., Abduh, S.B.M. 2014. Total bakteri asam laktat, pH, keasaman, citarasa dan kesukaan yogurt drink dengan penambahan ekstrak buah belimbing. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3(4):7-11.
- Jung, G.H.J. 1997. Analysis of Forage Fiber and Cell Walls in Ruminant Nutrition. *Journal of Nutrition* 127: 810-813. DOI:10.1093/jn/127.5.810S.
- Kearsly, M.W. 1988. *Physical, Chemical and Biochemical Methods of Analysis of Carbohydrates*. Elsevier Applied Science Publisher Ltd. England.
- Kruger, J. E., Matsuo, R.B. 1996. *Pasta and Noodle Technology*. American Association of Cereal Chemist, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Lu, C. D, Kawas, J.R., Maghoub, O.G. 2005. Fiber digestion and utilization in goats. *Small Ruminants Research* 60:45-65.
- Marsono, Y. 1999. Perubahan kadar *resistant starch* (RS) dan komposisi kimia beberapa bahan pangan kaya karbohidrat dalam proses pengolahan. *Agritech* 9(3):124-127. DOI: 10.22146/agritech.13729.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*. 7th ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- Preston, T. R., Leng, R.A. 1987. *Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics*. Penambul Books, Armidale, Australia.
- Rackis, J.J. 1989. *Physiological Effects of Food Carbohydrates*. American Chemical Society. Washington D.C.
- Sajilata, M. G, S. S. Rekha, P.R. Kulkarni. 2006. Resistant starch – A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5(1):1-17. DOI:10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x.
- Singh, J.,A., Dartois, Kaur, L. 2010. Starch digestibility in food matrix: a review. *Trends in Food Science and Technology* 21(4):168-180. DOI: 10.1016/j.tifs.2009.12.001.
- Svihus, B., Uhlen, A.K., Harstad, O.M. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Animal Feed Science and Technology* 122(3): 303-320. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025
- Steel, R. G. D., Torrie, J.H. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistik Suatu Pendekatan Biometrik*. Diterjemahkan oleh Bambang Sumantri. Cetakan ke- 4. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.
- Thomas, D. J., Atwell, W.A. 1997. *Starches*. Eagen Press Handbook Series. Minnesota. USA.
- Topping, D. L., Fukushima, M., Bird, A.R. 2003. Resistant starchs prebiotic and synbiotic: State of the art. *Proceedings of the Nutrition Society* 62(1):171-176. DOI: 10.1079/PNS2002224.

- Utama, C.S., Sulistiyanto, B., Kismiati, S. 2017. The effects of water addition and steaming duration on starch composition of *wheat pollard*. *Reaktor* 17(4): 220-224. DOI:10.14710/reaktor.17.4.221-225.
- Utama, C.S., Zuprizal, Hanim, C., Wihandoyo. 2018. Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat selulolitik yang berasal dari jus kubis terfermentasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 7 (1): 1–6. DOI: 10.17728/jatp.2155.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Wahyu J. 1994. Ilmu Nutrisi Unggas. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wurzburg, O. B. 1989. *Modified Starches: Properties and Uses*. CRC Press. Boca Raton, Florida.