

SIFAT FUNGSIONAL TEPUNG KETAN MERAH PRAGELATINISASI

Functional Properties of Pre-gelatinization Red Glutinous Rice

Jhauharotul Muchlisiyah*, Hera Sisca Prasmita, Teti Estiasih, Rosalina Ariesta Laeliocattleya,
Ratna Palupi

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi: email: lisyah_ub@yahoo.com

ABSTRAK

Ketan merah berasal dari daerah Pacitan, Jawa Timur. Ketan merah biasa digunakan sebagai tetel ketan merah, tape ketan merah, rengginang, atau ketan rebus dengan taburan kelapa parut. Ketan merah memiliki keunggulan memiliki senyawa fenol yang tinggi. Kelemahannya, ketan merah memiliki sifat yang sulit mengembang di dalam air dingin. Prigelatinisasi ditujukan untuk memperbaiki sifat fungsional dari ketan merah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Masing-masing faktor terdiri dari tiga level yaitu untuk faktor suhu pemanasan 50 °C, 60 °C, dan 70 °C. Faktor yang kedua yaitu lama pemanasan 5 menit, 7.5 menit, dan 10 menit. Masing-masing satuan percobaan dilakukan tiga kali ulangan. Perlakuan terbaik dari tepung ketan merah prigelatinisasi didapatkan dengan pemanasan pada suhu 60 °C selama 10 menit dengan karakteristik daya serap air sebesar 2.45 g/g, daya serap minyak 2.02 g/g, *swelling poperties* 2.39 g/g, indeks kelarutan 0.0050%, serta total fenol 624.86 mg GAE /100 g

Kata kunci : Gelatinisasi, Daya Serap Air, Indeks Kelarutan, Ketan Merah, Total Fenol

ABSTRACT

Red glutinous rice originated from Pacitan, East Java. Red glutinous rice usually used as a traditional food ingredients such as tetel, tape, rengginang, or boiled sticky rice with grated coconut topping. Red glutinous rice has a high phenolic compounds. Red glutinous rice having difficulties to expand in cold water. Pregelatinization intended to improve the functional properties of red glutinous rice. This research was conducted with a randomized block design (RAK) with two factors. Each factor consists of three levels, first is heating temperature of 50 °C, 60 °C, and 70 °C. Each set of experiments performed three times repetition. Results showed that the best treatment of pregelatinized red glutinous rice flour is obtained by heating in 60 °C for 10 minutes with the characteristics as follows water absorption 2.45 g/g, oil absorption 2.02 g/g, swelling properties 2.39 g/g, solubility index 0.0050%, and total phenolic content 624.86 mg GAE /100 g

Keywords: Gelatinization, Red Glutinous Rice, Solubility Index, Total phenol, Water Absorption

PENDAHULUAN

Beras ketan (*Oryza sativa* L var. glutinosa) banyak terdapat di Indonesia dengan jumlah produksi sekitar 42000 ton pertahun, dan penggunaannya di Indonesia sebagian besar masih terbatas pada industri makanan (Lukman *et al.*, 2013). Beras ketan yang telah dikenal di Indonesia ada tiga jenis yaitu beras ketan putih, beras ketan hitam dan beras

ketan merah. Beras ketan yang sudah meluas dikenal oleh masyarakat adalah beras ketan putih dan beras ketan hitam. Beras ketan merah baru dipublikasikan oleh Litbang Pertanian pada tahun 2012, dan hanya beredar di daerah Pacitan, Jawa Timur.

Ketan merah biasa digunakan sebagai tetel ketan merah, tape ketan merah, rengginang atau sekedar direbus dan ditaburi kelapa parut. Ketan merah mengandung

senyawa bioaktif fenol 6170 GAE/g (Abdullah *et al.*, 2011). Kelebihan lain dari tepung ketan adalah stabil pada suhu rendah, dan memiliki aroma dan rasa tawar sehingga tidak banyak mempengaruhi aroma dan rasa produk yang dihasilkan. Kelemahan dari beras ketan adalah kandungan amilopektinnya yang tinggi yaitu 99.7% sehingga tidak mengembang dalam air dingin (Lukman *et al.*, 2013). Tepung ketan memiliki viskositas yang lebih tinggi serta memiliki ukuran granula yang lebih kecil dibandingkan dengan tepung beras (Imanningsih, 2012). Oleh karena itu, penggunaan tepung ketan terbatas pada makanan-makanan tertentu karena sifatnya yang sulit mengembang.

Peningkatan sifat fisikokimia atau pembentukan sifat fungsional baru dari tepung dapat dilakukan dengan melakukan modifikasi struktur granula (Majzoobi *et al.*, 2011). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa prigelatinisasi tepung pati dapat meningkatkan daya larut dan daya kembang dari tepung (Waliszewski *et al.*, 2003). Prigelatinisasi merupakan modifikasi kimia dari tepung yang dapat merubah sifat fisikokimia dan sifat fungsional dari tepung (Lai, 2001). Akibat perubahan granula, tepung yang mengalami prigelatinisasi dapat menyerap dan meningkatkan viskositas seketika dalam air dingin (Wang *et al.*, 2015; Cappa *et al.*, 2016). Puncak viskositas dingin dari pati yang mengalami prigelatinisasi lebih tinggi dari pati biasa (Rosell dan Marco, 2008; Yang *et al.*, 2016).

Sifat fisiko kimia menunjukkan tingginya kadar senyawa bioaktif berupa fenol dari ketan merah, sehingga potensi penggunaan ketan merah untuk kesehatan sangat besar (Abdullah *et al.*, 2011). Namun, sebagaimana beras ketan lainnya, ketan merah memiliki kelemahan dibandingkan dengan tepung lainnya yaitu sifatnya yang kurang mengembang. Imanningsih (2012) menunjukkan bahwa viskositas puncak tepung beras ketan didapatkan pada suhu 67.47 °C dengan pemanasan selama 5.87 menit. Peningkatan nilai fungsional tepung ketan dapat dilakukan dengan prigelatinisasi manual sebagaimana penelitian Lukman *et al.* (2013). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pati beras ketan yang gelatinisasi pada suhu 53.37 °C memiliki daya pengembangan yang lebih besar jika dibandingkan pati beras ketan yang belum di gelatinisasi. Daya pengembangan terbesar diperoleh

dari pati beras ketan prigelatinisasi manual dengan menggunakan oven yaitu sebesar 343.87%. Nilai ini lebih besar apabila dibandingkan dengan *spray dried*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap karakteristik fungsional tepung ketan merah prigelatinisasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain beras ketan merah varietas Inpari 25 Opak Jaya yang didapatkan dari kabupaten Pacitan, dan akuades.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah sentrifuge (EBA 20 Hettich), *tube* sentrifuge, vortex, timbangan analitik, gelas beker, gelas ukur, labu ukur 100 ml, pipet, *blender*, pengering kabinet, ayakan 80 mesh, kompor, dan termometer.

Metode

Perancangan dan Analisa

Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Masing-masing faktor terdiri dari tiga level yaitu untuk faktor suhu pemanasan 50 °C, 60 °C, dan 70 °C. Faktor yang kedua yaitu lama pemanasan 5 menit, 7.5 menit, dan 10 menit. Masing-masing satuan percobaan dilakukan tiga kali ulangan. Parameter yang di analisa meliputi analisa sifat fungsional yang dilakukan, yaitu daya serap air (Ali *et al.*, 2016), daya serap minyak (Sosulski, 1962), *swelling properties* (modifikasi Leach, 1959 dalam Kusumayanti *et al.*, 2015), indeks kelarutan properties (modifikasi Kainuma, 1967 dalam Kusumayanti *et al.*, 2015) dan total fenol (Baba dan Malik, 2015). Analisa dilakukan dengan Statistik Anova, kemudian dilakukan dengan uji Tukey dengan selang kepercayaan 5%.

Pembuatan Tepung Beras Ketan

Pembuatan tepung beras ketan merah menggunakan proses prigelatinisasi, dengan cara dilakukan perendaman dengan air panas menggunakan suhu dan waktu yang berbeda, sesuai dengan perancangan dan analisa (Lukman *et al.*, 2013). Selanjutnya,

dilakukan pembuangan air dari pemanasan (*decanting*) dan dilakukan pengeringan. Terakhir, dilakukan penepungan pada beras ketan merah (Lukman *et al.*, 2013).

Proses Penepungan

Proses penepungan dilakukan dengan cara menghaluskan masing-masing bulir *endosperm* ketan merah dengan menggunakan *blender*. Setiap proses penghalusan ketan merah dibutuhkan 100 g sampel. Selanjutnya, bulir halus tersebut diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh yang merupakan ukuran standar untuk tepung beras. Setelah proses pengayakan, sampel yang tidak lolos ayakan dihaluskan lagi dan diayak lagi sebanyak 4-5 kali sampai dihasilkan tepung sebanyak 80-90% dari total sampel awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pragelatinisasi pada suhu dan waktu pemanasan yang berbeda menghasilkan perubahan pada daya serap air, *swelling properties*, indeks kelarutan, dan total fenol (Rohaya *et al.*, 2013; Bortnowska *et al.*, 2014; Ahromrit *et al.*, 2016). Data analisa sifat fungsional dari tepung ketan merah dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa pragelatinisasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya serap minyak dari tepung ketan merah.

Daya Serap Air

Daya serap air menunjukkan kemampuan suatu komponen untuk berikatan dengan air dalam kondisi jumlah air yang terbatas (Hidayat *et al.*, 2007; Pangesti *et al.*, 2014; Rauf dan Sarbini, 2015;). Daya serap air juga dapat dipengaruhi oleh komponen lain yang bersifat hidrofilik seperti serat dan protein dengan rantai hidrofilik (Ali *et al.*, 2016).

Berdasarkan Tabel 1, pragelatinisasi dapat meningkatkan daya serap air dari tepung ketan merah. Rerata nilai daya serap air tepung ketan merah yang telah mengalami pragelatinisasi lebih besar daripada kontrol, kecuali untuk pragelatinisasi dengan suhu 70 °C selama 10 menit. Proses pragelatinisasi dapat meningkatkan daya ikat air pada bahan atau menurunkan air bebas bahan. Penurunan jumlah air yang menguap terdeteksi sebagai rendahnya kadar air bahan. Tepung yang mengalami proses gelatinisasi dengan perebusan (*parboiling*) dan dikeringkan, dapat memperbaiki kualitas, sifat rheologi, dan pasta tepung, yang disebut dengan tepung pragelatinisasi (Dutta dan Mahanta, 2012; Dutta dan Mahanta, 2014; Hapsari *et al.*, 2016; Thammapat *et al.*, 2016).

Tepung ketan merah untuk pragelatinisasi dengan suhu 70 °C selama 10 menit, memiliki daya serap air yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh tepung ketan merah pada suhu 70 °C telah mengalami gelatinisasi sempurna, sehingga granula pati

Tabel 1. Sifat fungsional tepung ketan merah pragelatinisasi

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Daya Serap Air (g/g)	Daya Serap Minyak (g/g)	<i>Swelling Properties</i> (g/g)	Indeks Kelarutan (%)
Kontrol		2.2770	2.1520	2.4995	0.0047
5	50	2.3444 bc	1.9589 a	2.5050 cd	0.0048 a
	60	2.4780 abc	2.0020 a	2.4926 cd	0.0037 b
	70	2.5688 ab	2.1135 a	2.6417 abc	0.0039 b
7.5	50	2.3360 c	2.0736 a	2.0810 e	0.0047 a
	60	2.3810 abc	2.1479 a	2.5417 bcd	0.0047 a
	70	2.5929 a	2.0650 a	2.8374 a	0.0035 b
10	50	2.3562 c	2.0578 a	2.4365 cd	0.0050 a
	60	2.4473 abc	2.0219 a	2.3918 d	0.0050 a
	70	2.0147 d	2.0448 a	2.7523 ab	0.0029 c

telah berubah sepenuhnya dibandingkan dengan tepung ketan merah yang belum di prigelatinisasi. Granula pati yang telah berubah sepenuhnya menyebabkan menurunnya kemampuan pati dalam penyerapan air. Hal ini sesuai dengan Rauf dan Sarbini (2015) yang menyebutkan bahwa perbedaan nilai daya serap air pada setiap sampel dapat disebabkan karena adanya variasi struktur granula pada masing-masing sampel serta kandungan karbohidrat, baik pati maupun serat dan komponen lainnya yang bersifat hidrofilik.

Daya Serap Minyak

Lama waktu dan suhu perebusan untuk prigelatinisasi pati tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya serap minyak dari tepung ketan merah. Daya serap minyak menunjukkan kemampuan pati kering pada beras ketan untuk mengikat minyak secara fisik menggunakan daya tarik kapiler. Faktor lain selain pati yang dapat mempengaruhi daya serap minyak pada ketan, terutama pada bagian bekatulnya, juga dipengaruhi oleh komponen lemak serta protein yang memiliki gugus nonpolar (Ali *et al.*, 2016). Tingginya daya serap minyak dapat disebabkan karena kadar protein, dan kadar lemak. Hal tersebut menunjukkan bahwa protein yang memiliki rantai nonpolar serta lemak yang juga bersifat nonpolar akan berikatan dengan minyak yang ditambahkan. Selain dipengaruhi oleh kadar protein dan kadar lemak, daya serap minyak juga dipengaruhi oleh kadar amilosa karena memiliki kemampuan membentuk kompleks dengan minyak (lipid) dalam bentuk amilosa-lipid. Semakin tinggi kandungan amilosa, maka daya serap minyak juga akan lebih tinggi (Alsuhendra dan Ridawati, 2010; Oyeyinka *et al.*, 2015; Qin *et al.*, 2016).

Daya serap minyak mengindikasikan kapasitas pengemulsi, yang merupakan kualitas yang sangat diinginkan dalam produk seperti *mayonnaise*. Daya serap minyak terjadi ketika fraksi nonpolar pada suatu molekul berinteraksi dengan fraksi lemak pada suatu bahan makanan. Adanya kemampuan menyerap minyak pada tepung menunjukkan tepung mempunyai bagian yang bersifat lipofilik pada komponen penyusunnya (Falade *et al.*, 2014). Daya serap minyak dipengaruhi oleh adanya protein pada permukaan granula pati. Protein ini akan membentuk kompleks dengan pati, di-

Tabel 2. Kadar fenol tepung ketan merah prigelatinisasi

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Rerata (mg GAE/100g)
5	50	353.34 e
	60	371.60 e
	70	534.72 bc
7.5	50	412.93 de
	60	465.82 d
	70	596.37 ab
10	50	479.33 cd
	60	624.86 a
	70	395.32 e

mana kompleks pati protein ini dapat memberikan tempat bagi terikatnya minyak.

Swelling Properties

Kenaikan suhu memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap *swelling properties* dari tepung ketan merah. Semakin tinggi suhu, semakin rendah *swelling properties*. Hal ini berkebalikan dengan kadar amilosa dari sampel. *Swelling properties* menunjukkan kemampuan tepung (pati) dalam menyerap air pada kondisi tertentu. Ketika pati melakukan penyerapan air, maka granula-granula pati akan mengembang (Falade *et al.*, 2014). *Swelling properties* dipengaruhi oleh kemampuan molekul pati untuk mengikat air melalui pembentukan ikatan hidrogen. Setelah terjadi gelatinisasi, ikatan hidrogen antara molekul pati terputus dan digantikan oleh ikatan hidrogen dengan air, sehingga pati tergelatinisasi dan granula-granula pati mengembang secara maksimal. Proses mengembangnya granula pati ini disebabkan banyaknya air yang terserap ke dalam tiap granula pati yang mengembang, mengakibatkan *swelling properties* menjadi meningkat. Perbedaan karakteristik kapasitas pembengkakan dan solubilitas mengindikasikan perbedaan gaya pengikat dari granula pati. Interaksi yang kuat akan mengurangi masuknya air ke dalam interior granula sehingga menurunkan *swelling properties* dan solubilitas (Herawati, 2009).

Kandungan amilosa dan amilopektin yang terdapat pada bahan dapat mempengaruhi pengembangan volume suatu produk pangan (Laovachirasuwan *et al.*, 2010; Chung

et al., 2011; Zhu *et al.*, 2016). Molekul polisakarida yang memiliki kadar amilosa tinggi akan terlebih dahulu menyerap air dan mengembang ketika dipanaskan jika dibandingkan dengan molekul polisakarida yang memiliki kadar amilosa rendah. Hal ini dikarenakan jumlah ikatan hidrogen pada daerah amorf yang disusun oleh amilosa lebih sedikit dan polimer patinya lebih mudah larut (Vandeputte dan Delcour, 2004; Laovachirasuwan *et al.*, 2010; Peerapattana *et al.*, 2010; Amagliani *et al.*, 2016).

Indeks Kelarutan

Kenaikan suhu memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap indeks kelarutan dari tepung ketan merah. Pada Tabel 1 terlihat bahwa semakin tinggi suhu, maka terjadi penurunan nilai indeks kelarutan dari tepung ketan merah. Indeks kelarutan merupakan kemampuan zat padat untuk dapat larut atau terdispersi ke dalam suatu zat cair. Zat cair yang biasa digunakan adalah air. Indeks kelarutan merupakan indikator banyaknya amilosa yang keluar dari granula pati. Ketika pati dipanaskan dalam air, sebagian amilosa akan keluar dari granula pati dan larut dalam air. Presentase pati yang larut dalam air dapat diukur dengan mengeringkan supernatan yang dihasilkan saat analisa *swelling properties*. Ketika molekul pati sudah terhidrasi, molekul-molekul tersebut mulai menyebar ke media yang di luar, dan yang pertama keluar adalah molekul-molekul amilosa yang memiliki rantai pendek (Ormerod *et al.*, 2002; Blazek dan Copeland, 2008; Ashogbon dan Akintayo, 2012).

Nilai tinggi rendahnya indeks kelarutan dipengaruhi oleh banyaknya amilosa yang terkandung dalam suatu bahan pangan. Semakin tinggi kadar amilosa dalam bahan, maka indeks kelarutannya akan semakin tinggi karena akan semakin banyak amilosa yang larut. Sebaliknya, apabila kadar amilosa rendah, maka nilai indeks kelarutan akan rendah karena hanya sedikit amilosa yang larut dalam air. Selain itu, indeks kelarutan juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan varietas beras ketan dan senyawa-senyawa larut air pada beras ketan itu sendiri (Mir *et al.*, 2013; Okonogi *et al.*, 2015; Gope *et al.*, 2016; Itthivadhanapong *et al.*, 2016).

Total Fenol

Lama waktu dan suhu perebusan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar to-

tal fenol dari tepung ketan merah. Semakin lama dan tinggi suhu perebusan, semakin tinggi kadar fenol, seperti yang terlihat pada Tabel 2. Beras yang direbus dalam bulir utuh menyebabkan semakin mudah terdifusinya senyawa bioaktif hingga suhu tertentu. Total Fenol merupakan komponen kimia yang memiliki cincin aromatik dengan satu atau lebih yang berikatan dengan gugus hidroksil (Dykes dan Rooney, 2007). Ada lebih dari 8000 struktur fenolik tersebar pada 45 *kingdom* tanaman. Bentuk komponen fenolik tersebar mulai dari bentuk yang paling sederhana, bentuk dengan berat molekul ringan, cincin aromatik tunggal hingga kompleks. Senyawa fenolik yang ada dalam beras antara lain asam galat, asam protokatekuat, asam p-hidroksi benzoat, *guaiacol*, *p-cresol*, *o-cresol*, dan 3.5-silanol (Vichapong *et al.*, 2010).

Perlakuan Terbaik

Perlakuan terbaik berdasarkan sifat fungsional dan total fenol dilakukan dengan metode *Multiple Attribute*. Perlakuan terbaik diperoleh pada prigelatinisasi dengan pemanasan pada suhu 60 °C selama 10 menit dengan karakteristik daya serap air sebesar 2.45 g/g, daya serap minyak 2.02 g/g, *swelling properties* 2.39 g/g, indeks kelarutan 0.0050%, dan total fenol 624.86 mg GAE /100 g.

SIMPULAN

Sifat fungsional seperti daya serap air, kapasitas pengembangan, dan indeks kelarutan dari tepung ketan merah dipengaruhi oleh lama waktu dan suhu dari prigelatinisasi ketan merah. Prigelatinisasi dengan pemanasan suhu 60 °C selama 10 menit memiliki sifat fungsional lebih baik dan total fenol lebih tinggi dari kontrol (tanpa perlakuan). Sementara itu, prigelatinisasi tidak berpengaruh terhadap daya serap minyak. Perbaikan sifat fungsional dari tepung dapat dilakukan dengan perebusan tepung dibawah waktu dan suhu gelatinisasinya untuk mendapatkan sifat pemasakan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, B, Sularjo, Safitri, H, Cahyono. 2011. Keragaan dan stabilitas galur harapan padi aromatik, beras merah,

- dan ketan merah dan hasil tinggi di daerah istimewa Yogyakarta. *Zuriat*. 22(2)
- Ahromrit, A, Ledward, D, A, Niranjana, K. 2016. Dilihat 20 Mei 2016. <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.459.9405&rep=rep1&type=pdf>>
- Ali, A, Wani, T, T, Wani, I, A, Masoodi, F, A. 2016. Comparative study of the physico-chemical properties of rice and corn starches grown in Indian temperate climate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 15(1):75-82
- Alsuhendra, Ridawati. 2010. Pengaruh modifikasi secara pregelatinisasi, asam, dan enzimatis terhadap sifat fungsional tepung umbi gembili (*Dioscorea esculenta*). *Prosiding Seminar Nasional FMI-PA-UT, Universitas Terbuka, Jakarta*, pp. 1-19
- Amagliani, L, O'Regan, J, Kelly, A, L, O'Mahony, J, A. 2016. Chemistry, structure, functionality and applications of rice starch. *Journal of Cereal Science*. 70:291-300
- Ashogbon, A, O, Akintayo, E, T. 2012. Morphological, functional and pasting properties of starches separated from rice cultivars grown in Nigeria. *IFRJ*. 19(2):665-671
- Baba, S, A, Malik, S, A. 2015. Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *JTUSCI*. 9(4):449-454
- Blazek, J, Copeland, L. 2008. Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylose content. *Carbohydrate Polymers*. 71(3):380-387
- Bortnowska, G, Balejko, J, Tokarczyk, G, Romanowska-Osuch, A, Krzeminska, N. 2014. Effects of pregelatinized waxy maize starch on the physicochemical properties and stability of model low-fat oil-in-water food emulsions. *Food Hydrocolloids*. 36:229-237
- Cappa, C, Lucisano, M, Barbosa-Canovas, G, V, Mariotti, M. 2016. Physical and structural changes induced by high pressure on corn starch, rice flour and waxy rice flour. *Food Research International*. 85:95-103
- Chung, H, J, Liu, Q, Lee, L, Wei, D. 2011. Relationship between the structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of rice starches with different amylose contents. *Food Hydrocolloids*. 25(5):968-975
- Dutta, H, Mahanta, C, L. 2012. Effect of hydrothermal treatment varying in time and pressure on the properties of parboiled rices with different amylose content. *Food Research International*. 49(2):655-663
- Dutta, H, Mahanta, C, L. 2014. Traditional parboiled rice-based products revisited: current status and future research challenges. *Rice Science*. 21(4):187-200
- Dykes, L, Rooney, L, W. 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World*. 52(3):105-111
- Falade, K, O, Semon, M, Fadairo, O, S, Olanjoye, A, O, Orou, K, K. 2014. Functional and physico-chemical properties of flours and starches of African rice cultivars. *Food Hydrocolloids*. 39:41-50
- Gope, S, Samy, D, Paul, A, K, Das, A, B. 2016. Effect of alcohol-acid modification on physicochemical, rheological and morphological properties of glutinous rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 93(A):860-867
- Hapsari, A, H, Kim, S, J, Eun, J, B. 2016. Physical characteristics of parboiled Korean glutinous rice (*Oryza sativa*) using a modified method. *LWT-Food Science and Technology*. 68:499-505
- Herawati, D. 2009. Modifikasi Pati Sagu dengan Teknik *Heat Moisture Treatment* (HMT) dan Aplikasinya dalam Memperbaiki Kualitas Bihun. Tesis. IPB. Bogor
- Hidayat, B, Ahza, A, B, Sugiyono. 2007. Karakterisasi tepung ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) varietas shiroyutaka serta kajian potensi penggunaannya sebagai sumber pangan karbohidrat alternatif. *Jurnal. Teknol. dan Industri Pangan*. 18:32-39
- Imanningsih, N. 2012. Profil gelatinisasi beberapa formulasi tepung-tepungan untuk pendugaan sifat pemasakan. *J. Penel. Gizi Makan*. 35(1):13-22
- Itthivadhanapong, P, Sangnark, A. 2016. Effects of substitution of black glutinous rice flour for wheat flour on batter and cake properties. *IFRJ*. 23(3):1190-1198
- Kainuma, K, Odat, T, Cuzuki, S. 1967. Study of starch phosphates monoesters. *Jour-*

- nal of Technology Society Starch*. 14:24-28
- Kusumayanti, H, Handayani, N, A, Santosa, H. 2015. Swelling power and water solubility of cassava and sweet potatoes flour. *Procedia Environmental Sciences*. 23:164-167
- Lai, H, M. 2001. Effect of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. *Food Chemistry*. 72(4):455-463
- Laovachirasuwan, P, Peerapattana, J, Srijesdaruk, V, Chitropas, P, Otsuka, M. 2010. The physicochemical properties of a spray dried glutinous rice starch biopolymer. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 78(1):30-35
- Leach, H, W, Mc Cowen, L, D, Schoch, T, J. 1959. Structure of the starch granules. In: swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*. 36:534-544
- Litbang Pertanian. 2012. Inpari 25 Opak Jaya. Dilihat 19 April 2016. <<http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/varietas/inbrida-padi-sawah-irigasi-inpari/content/item/28-inpari-25-opak-jaya>>
- Lukman, A, Anggraini, D, Rahmawati, N, Suhaeni, N. 2013. Pembuatan dan uji sifat fisikokimia pati beras ketan kampar yang dipregelatinasi. *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*. 1(2):67-71
- Majzoobi, M, Radi, M, Farahnaky, A, Jamalain, J, Tongdang, T, Meshbahi, Gh. 2011. Physicochemical properties of pre-gelatinized wheat starch produced by a twin drum drier. *J. Adr. Sci. Tech*. 13:193-202
- Mir, S, A, Bosco, S, J, D. 2013. Effect of Soaking Temperature on Physical and Functional Properties of Parboiled Rice Cultivars Grown in Temperate Region of India. *Food and Nutrition Sciences*. 4:282-288
- Okonogi, S, Kaewpinta, A, Khongkhunthian, S, Yotsawimonwat, S. 2015. Effect of rice variety on the physicochemical properties of the modified rice powders and their derived mucoadhesive gels. *Drug Discoveries & Therapeutics*. 9(3):221-228
- Ormerod, A, Ralfs, J, Jobling, S, Gidley, M. 2002. The influence of starch swelling on the material properties of cooked potatoes. *Journal of Materials Science*. 37(8):1667-1673
- Oyeyinka, S, A, Singh, S, Adebola, P, O, Gerano, A, S, Amonsou, E, O. 2015. Physicochemical properties of starches with variable amylose contents extracted from bambara groundnut genotypes. *Carbohydrate Polymers*. 133:171-178
- Pangesti, Y, D, Parnanto, N, H, R, Ridwan A, A. 2014. Kajian sifat fisikokimia tepung bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) dimodifikasi secara *heat moisture treatment* (HMT) dengan variasi suhu. *Jurnal Teknosains Pangan*. 3(3):72-77
- Peerapattana, J, Phuvarit, P, Srijesdaruk, V, Preechagoon, Tattawasart, A. 2010. Pregelatinized glutinous rice starch as a sustained release agent for tablet preparations. *Carbohydrate Polymers*. 80(2):453-459
- Rauf, R, Sarbini. 2015. Daya serap air sebagai acuan untuk menentukan volume air dalam pembuatan adonan roti dari campuran tepung terigu dan tepung singkong. *AGRITECH*. 35(3):324-330
- Rohaya, M, S, Maskat, M, Y, Ma'aruf, A, G. 2013. Rheological properties of different degree of pregelatinized rice flour batter. *Sains Malaysiana*. 42(12):1707-1714
- Rosell, CM, Marco, C. 2008. 'Rice'. Dalam EK Arendt. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. Academic Press, USA
- Sosulski, F, W. 1962. Oil absorption capacity. *Cereal Chemistry*. 39:344-350
- Thammapat, P, Meeso, N, Siriamornpun, S. 2016. Effects of the traditional method and an alternative parboiling process on the fatty acids, vitamin E, γ -oryzanol and phenolic acids of glutinous rice. *Food Chemistry*. 194:230-236
- Qin, Y, Liu, C, Jiang, S, Xiong, L, Sun, Q. 2016. Characterization of starch nanoparticles prepared by nanoprecipitation: influence of amylose content and starch type. *Industrial Crops and Products*. 87:182-190
- Vandeputte, G, E, Delcour, J, A. 2004. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. *Carbohydrate Polymers*. 58(3):245-266
- Vichapong, J, Sookserm, M, Srijesdaruk, V, Swatsitang, P, Srijaranai, S. 2010. High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. *LWT-Food Science and Technology*. 43(9):1325-1330

- Waliszewski, K, N, Aparicio, M, A, Bello, L, A, Monroy, J, A. 2003. Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate Polymers*. 52(3):237-242
- Wang, K, Wambugu, P, W, Zhang, B, Wu, A, C, Henry, R, J, Gilbert, R, G. 2015. The biosynthesis, structure and gelatinization properties of starches from wild and cultivated African rice species (*Oryza barthii* and *Oryza glaberrima*). *Carbohydrate Polymers*. 129:92-100
- Yang, L, Zhou, Y, Wu, Y, Meng, X, Jiang, Y, Zhang, H, Wang, H. 2016. Preparation and physicochemical properties of three types of modified glutinous rice starches. *Carbohydrate Polymers*. 137:305-313
- Zhu, J, Zhang, S, Zhang, B, Qiao, D, Pu, H, Liu, S, Li, L. 2016. Structural features and thermal property of propionylated starches with different amylose/amylopectin ratio. *International Journal of Biological Macromolecules*. 97:123-130