

Pengembangan Mi Bebas Gluten dengan Teknologi Ekstrusi

Development of Gluten-Free Noodles Using Extrusion Technology

Mojiono^a, Budi Nurtama^b, dan Slamet Budijanto^{bc}

^aProgram Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, IPB

^bDepartemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

^cSoutheast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, IPB

Email: slamet.budijanto@gmail.com

Diterima : 3 Maret 2016

Revisi : 29 April 2016

Disetujui : 18 Juli 2016

ABSTRAK

Diversifikasi bahan baku pembuatan mi menggunakan sumber karbohidrat lokal memberikan keuntungan, antara lain mengurangi permintaan terhadap terigu impor dan penyediaan pangan untuk kebutuhan khusus, seperti *gluten-free diet*. Mekanisme pembentukan struktur mi non-gluten berbeda dengan mi terigu yang mengandung protein gluten. Oleh karena itu, pembelajaran karakteristik pati, antara lain rasio amilosa dan amilopektin, morfologi granula, dan profil gelatinisasi sangat penting karena bertanggung jawab terhadap kualitas mi. Teknik modifikasi pati, antara lain HMT (*Heat Moisture Treatment*) dapat digunakan untuk memperbaiki kinerja pati sebagai bahan baku mi. Selain itu, kualitas mi juga dipengaruhi oleh kondisi proses. Ekstrusi menjadi teknologi yang tepat untuk pengembangan mi bebas gluten karena terjadi proses gelatinisasi, adanya efek tekanan dan pengadonan (*pressing and kneading*) yang diperlukan untuk membentuk struktur mi yang kokoh. Artikel ini memberikan ulasan riset tentang pengembangan mi yang dibuat dari bahan non-gluten dan performa teknologi ekstrusi untuk produksi mi.

kata kunci : mi bebas gluten, teknologi ekstrusi

ABSTRACT

Diversifications of raw materials for noodle preparation using local carbohydrate sources offer considerable advantages through lowering wheat demand and providing specially-designed food such as gluten-free diet. Structural formations of gluten-free noodles substantially differ from wheat-based noodles due to the presence of gluten. Therefore, studies on starch characteristics including the ratio of amylose and amylopectin, granule morphology, and gelatinization properties are absolutely essential since they are responsible for noodle quality. Starch modification, for instance, HMT (Heat Moisture Treatment), is a promising technique to improve starch properties for noodle preparation. Furthermore, processing conditions also account for noodle quality. Extrusions constitute an appropriate technology for the development of noodle processing technique as it gelatinizes starch and produces pressing and kneading effects that are required to form desirable noodle structure. This paper reviews current studies of gluten-free noodles and extrusion technology for noodle production.

keywords : gluten-free noodle, extrusion technology

I. PENDAHULUAN

Mi merupakan makanan yang umumnya terbuat dari terigu dan merupakan salah satu sumber energi bagi masyarakat Indonesia karena dikonsumsi oleh hampir semua lapisan masyarakat. Tidak hanya di Indonesia, mi juga menjadi pangan yang populer di beberapa negara Asia Tenggara. Sekitar 30-45 persen konsumsi terigu di Asia Tenggara adalah untuk bahan baku mi (Gan, dkk., 2009). Impor gandum

masih menjadi persoalan klasik yang dihadapi oleh Indonesia. Pada 2013-2014, impor gandum Indonesia diprediksi mencapai 7,2 juta ton atau naik 7 persen dari periode 2012-2013 yang mencapai 6,7 juta ton (Food and Agriculture Organization, 2013). Tingginya angka impor gandum menunjukkan permintaan yang besar terhadap produk pangan yang berbahan dasar dari gandum dan turunannya, seperti tepung terigu. Dengan demikian, pengembangan mi melalui pemanfaatan sumber karbohidrat

lokal dapat berkontribusi terhadap penurunan konsumsi terigu.

Penggunaan sumber karbohidrat alternatif sebagai kandidat bahan utama mi sangat mungkin dilakukan dan didukung dengan beberapa alasan. Pertama, keanekaragaman sumber karbohidrat di Indonesia sangat tinggi sehingga memberikan banyak pilihan variasi bahan baku mi. Dengan demikian, pemanfaatan sumber karbohidrat *indigenus* menjadi mi merupakan langkah tepat guna mengonversi sumber daya tersebut menjadi produk pangan yang dapat diterima secara luas. Kedua, walaupun sumber karbohidrat non-terigu tidak mengandung fraksi gluten sebagaimana terigu, perkembangan teknologi pangan, baik aspek proses dan inovasi bahan tambahannya telah memungkinkan untuk dilakukan diversifikasi bahan baku mi. Ketiga, produk pangan bebas gluten (*gluten-free food*) telah mendapatkan respon serius oleh ahli pangan dunia seiring dengan meningkatnya jumlah penderita *Celiac Disease* (CD) atau intoleransi terhadap gluten (Gallagher, dkk., 2004). Rata-rata peningkatan insiden CD diperkirakan mencapai $9,77 \pm 8,27$ persen per tahun di seluruh dunia (Lerner, dkk., 2015). Dengan demikian, inovasi mi non-gluten akan turut berkontribusi terhadap peningkatan pilihan produk pangan non-gluten.

Untuk menjawab tantangan tersebut, riset mi bebas gluten terus mengalami perkembangan melalui diversifikasi bahan baku, antara lain tepung jagung (Muhandri, dkk., 2011), tepung singkong (Abidin, dkk., 2013), pati sagu (Purwani, dkk., 2006, dan Engelen, dkk., 2015), dan ketela rambat (Lase, dkk., 2013). Selain inovasi pada aspek bahan baku, pengembangan mi bebas gluten didukung dengan adanya teknologi pembuatan mi. Teknologi ekstrusi kini menjadi pilihan dalam pembuatan mi. Menurut Muhandri, dkk. (2011), penggunaan teknologi ekstrusi ulir memberikan performa yang lebih baik dibandingkan *kalendering* maupun piston karena adanya efek tekanan dan pengadonan (*pressing and kneading*) yang lebih baik. Teknik ekstrusi juga dinilai lebih sederhana dibandingkan dengan metode *dropping* karena tidak memerlukan proses perebusan dan pendinginan (direndam di dalam air dingin) setelah proses ekstrusi

(Tan, dkk., 2009). Dengan demikian, teknologi ekstrusi memberikan banyak keuntungan dalam pengembangan pangan berbasis karbohidrat.

Informasi mengenai formulasi mi dan teknologi proses memberikan kontribusi penting dalam rangka pengembangan mi bebas gluten. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan ulasan riset mi bebas gluten, khususnya yang diproduksi menggunakan teknologi ekstrusi.

II. MI BEBAS GLUTEN

Sebagai salah satu sumber energi di banyak negara Asia, mi mempunyai variasi bentuk dan formula, dan dapat diproduksi dari beragam bahan, antara lain terigu, beras, soba (*buckwheat*), dan pati dari kentang, ubi jalar, dan kacang-kacangan (Fu, 2008). Diantara bahan tersebut, terigu masih menjadi bahan utama mi yang superior. Dengan demikian, berdasarkan bahan baku, mi dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu mi terigu dan mi non-terigu. Mi terigu mengandalkan kinerja protein gluten (glutenin dan gliadin) untuk membentuk struktur mi yang kokoh dan elastis. Pembentukan struktur ini dapat terjadi melalui proses pembentukan adonan (hidrasi tepung terigu) di suhu ruang. Oleh karena itu, gluten menjadi determinan utama pembuatan mi terigu.

Mi bebas gluten (*gluten-free noodle*) menggunakan bahan utama yang tidak mengandung gluten. Bahan utama mi non-gluten dapat berbentuk tepung dan atau pati. Berbeda dengan mi terigu, pembentukan struktur mi bebas gluten dipengaruhi oleh proses gelatinisasi pati untuk menghasilkan jaringan mi yang kokoh (Muhandri, 2012). Oleh karena itu, karakteristik pati menjadi faktor fundamental yang dapat menentukan kualitas akhir mi.

Eksplorasi sumber karbohidrat non-terigu untuk pembuatan mi sudah banyak dilakukan, mulai dari substitusi parsial sampai substitusi penuh tanpa menggunakan terigu. Studi komposit tepung terigu dan pati singkong (rasio 70:30) terhadap kualitas mi pernah dilakukan oleh Charles, dkk. (2007). Sementara itu, Yadaf, dkk. (2014) melakukan substitusi terigu sebesar 25 persen menggunakan tepung talas, ketela rambat, dan *water chestnuts* untuk pembuatan mi. Dari studi tersebut, komposit tepung terigu dengan ketela rambat dan *water*

Tabel 1. Profil Karakteristik Mi Bebas Gluten dari Berbagai Bahan Baku

Bahan Baku	Invensi	Referensi
Tapioka	Mi yang terbuat dari kombinasi tapioka termodifikasi (pati ikat silang) dengan pati tinggi amilosa menghasilkan mi yang baik. Tanpa kombinasi, tapioka (baik modifikasi atau tidak) tidak berhasil dibuat menjadi mi.	Kasemsuwan,dkk.(1998)
Pati Kentang dan Ubi Jalar (<i>Sweet Potato</i>)	Proses pembuatan dan kualitas mi dari pati dengan ukuran granula kecil (< 20 µm) lebih baik daripada ukuran granula besar (> 20 µm).	Chen,dkk. (2003)
Pati Jagung	Bihon berhasil dibuat dengan pati jagung yang mengandung amilosa sekitar 28 persen. Sementara itu, pati jagung rendah amilosa (0.2-3,8 persen) dan tinggi amilosa (40–60,8 persen) tidak cocok untuk pembuatan bihon.	Tam,dkk. (2004)
Pati Sagu Termodifikasi	Modifikasi pati sagu dengan teknik HMT (<i>Heat Moisture Treatment</i>) berhasil menaikkan kekerasan dan elastisitas, serta menurunkan <i>cooking loss</i> mi.	Purwani, dkk. (2006)
Pati Kentang dan Beras	Kombinasi pati kentang dengan pati beras (1:1) mampu menghasilkan mi yang cukup baik, ditinjau dari waktu pemasakan, transparansi, dan stabilitas terhadap panas.	Sandhu, dkk. (2010)
Tepung Jagung	Penambahan <i>guar gum</i> menurunkan skor kesukaan. Akan tetapi, keberadaan <i>guar gum</i> dalam formula mampu menaikkan elongasi dan menurunkan <i>cooking loss</i> .	Muhandri, dkk. (2013)
Tepung Gatotan (Fermentasi Singkong)	Rasio air dan tepung gatotan memberikan efek signifikan terhadap <i>cooking loss</i> mi. Semakin banyak air yang ditambahkan, <i>cooking loss</i> semakin kecil.	Purwandari, dkk. (2014)
Tepung Beras dan Pati Ganyong (<i>Canna Starch</i>)	Substitusi tepung beras dengan <i>cross-linked canna starch</i> mampu meningkatkan <i>tensile strength</i> dan elongasi mi.	Wandee,dkk. (2015)

chestnuts mampu menghasilkan mi dengan nilai penerimaan berdasarkan uji sensoris yang tidak berbeda nyata dengan kontrol (mi terigu). Mi juga dapat dibuat menggunakan sumber pati non-gluten, antara lain beras, jagung, ketela rambat, sagu, dan singkong. Selain itu, formula mi juga berasal dari kombinasi beberapa jenis pati untuk memperbaiki mutu mi. Rangkuman penelitian inovasi mi dari bahan non-terigu disajikan di dalam Tabel 1.

2.1. Perubahan Morfologi Pati Akibat Proses

Zhang, dkk. (2014) mendeskripsikan secara jelas perubahan morfologi pati akibat

pengaruh gelatinisasi dan retrogradasi. Dalam studi tersebut, pati beras (amilosa 28,9 persen) digunakan sebagai bahan eksperimen. Proses gelatinisasi pati (kadar air 51 persen) dilakukan menggunakan ekstrusi pemasak dengan kecepatan laju pengumpanan 30 rpm, kecepatan ulir 37,5 rpm, serta suhu pada lima zona pemanasan diatur dengan urutan sebagai berikut 50°C, 65°C, 85°C, 100°C, dan 95°C. Selanjutnya, pati tergelatinisasi dikeringbekukan (*freeze drying*). Selanjutnya, proses retrogradasi pati dilakukan dengan menyimpan pati tergelatinisasi pada suhu 4°C selama 7 hari. Selanjutnya, sampel

dikeringkan menggunakan pengering beku. Perubahan morfologi mikrostruktur pati diamati menggunakan perangkat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ukuran pati beras berkisar 6-8 μm dan berbentuk polihedral. Gelatinisasi mengakibatkan pembentukan agregat yang berpori. Perubahan juga terjadi akibat penyimpanan dingin selama 7 hari. Agregat yang terbentuk tampak lebih kompak dan lebih sedikit pori ditemukan di permukaan agregat. Perubahan struktur ini diyakini sebagai konsekuensi proses retrogradasi. Pada tahap ini, penyusunan ulang amilosa menyebabkan sebagian besar air yang terjebak akan bermigrasi meninggalkan agregat pati. Fenomena migrasi air ini dikenal dengan sineresis. Dengan demikian, sineresis dapat dijadikan indikator terjadinya retrogradasi pati (Zhang, dkk., 2014).

2.2. Kontribusi Karakteristik Pati Terhadap Kualitas Mi

Pati merupakan bentuk karbohidrat yang dapat ditemukan di banyak tanaman dan tersusun atas dua fraksi utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan rantai linear glukosa yang dihubungkan dengan ikatan α -(1,4). Sementara itu, amilopektin juga terdiri dari rantai yang sama, namun terdapat cabang pada α -(1,6) D-glukosa (Hoover, 2001). Karena bersumber dari banyak tanaman, pati mempunyai variasi karakteristik yang sangat tinggi, antara lain ukuran granula, rasio amilosa dan amilopektin. Perbedaan ini memberikan efek yang tidak sama saat diaplikasikan pada produk pangan termasuk pada mi.

2.2.1. Peran Amilosa Terhadap Kekuatan Gel Pati

Perbedaan jumlah fraksi amilosa tampak memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kualitas mi berbasis pati. Kemampuan amilosa untuk melakukan reasosiasi yang dikenal dengan proses retrogradasi bertanggung jawab terhadap pembentukan struktur gel yang kuat. Selain itu, interaksi amilosa dengan komponen lemak untuk membentuk kompleks heliks dan dengan amilopektin juga mampu memperkuat gel pati. Pati kacang hijau (*mung bean*), dengan amilosa 30,9-34,3 persen, sangat cocok sebagai

bahan baku mi pati (Tan, dkk., 2009). Selain itu, substitusi pati beras dengan pati kacang hijau sebesar 5 persen dilaporkan mampu memperbaiki kualitas pemasakan, tekstural, dan sensoris mi beras (Wu, dkk., 2015).

Kontribusi amilosa terhadap kualitas mi dari pati menyajikan ruang investigasi yang menarik untuk ditelaah. Kasemsuwan, dkk. (1998) mengombinasikan pati jagung tinggi amilosa (70 persen amilosa) dengan pati singkong termodifikasi untuk pembuatan mi. Sebelumnya, pati singkong dimodifikasi dengan teknik ikat silang menggunakan STMP (*Sodium Trimetaphosphate*). Ditinjau dari kekuatan gel pati (*gel strength*), gel pati kacang hijau jauh lebih kuat (49,1 gf) dibandingkan pati singkong, baik tanpa modifikasi (1,5 gf) maupun dengan modifikasi (1,6-4,8 gf). Menariknya, substitusi pati singkong dengan pati jagung tinggi amilosa (13 persen dan 17 persen) mampu secara signifikan meningkatkan kekuatan gel. Semakin tinggi persentase substitusi, maka gel yang terbentuk semakin kuat. Pada mi, kombinasi dua pati tersebut dilaporkan berhasil menghasilkan mi yang sangat baik, dibandingkan dengan tanpa kombinasi. Walaupun kandungan amilosa yang tinggi sangat baik untuk membentuk gel pati yang kuat, kondisi paling ideal untuk pembuatan bihon adalah pati jagung dengan level amilosa sedang, yaitu sekitar 28 persen. Pati jagung tinggi amilosa (>40 persen) tidak mengalami gelatinisasi sempurna saat direbus pada suhu 100°C di bawah tekanan atmosfer normal (Tam, dkk., 2004).

2.2.2. Pengaruh Dimensi Granula Pati

Selain fraksi amilosa, ukuran granula pati juga berkontribusi terhadap kualitas mi. Untuk mempelajari keterkaitan antara dimensi granula pati dengan kualitas mi pati, Chen, dkk. (2003) membuat mi dari beberapa sumber pati yang bervariasi ukuran granulanya, yaitu kentang (6-75 μm) dan 2 jenis ubi jalar: *SuShu2* (4-30 μm) dan *XuShu18* (4-30 μm). Berdasarkan analisis profil RVA (*Rapid Visco Analyzer*), suhu gelatinisasi cenderung dipengaruhi oleh jenis pati, bukan ukuran granula pati dan homogenitas distribusi ukuran granula. Akan tetapi, dimensi granula dan jenis pati memberikan efek signifikan terhadap pembentukan adonan dan kualitas mi. Semua kelompok pati yang bergranula kecil

(<20 μm) mampu menghasilkan adonan yang baik dan untaian mi yang stabil. Sementara itu, pati kentang dengan ukuran granula di atas 53 μm dan ubi jalar *SuShu2* (>20 μm) sama sekali tidak mampu membentuk untaian mi. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa dimensi granula dan sumber pati menjadi kontributor penting terhadap kualitas mi.

2.2.3. Korelasi Profil Gelatinisasi Terhadap Kualitas Mi

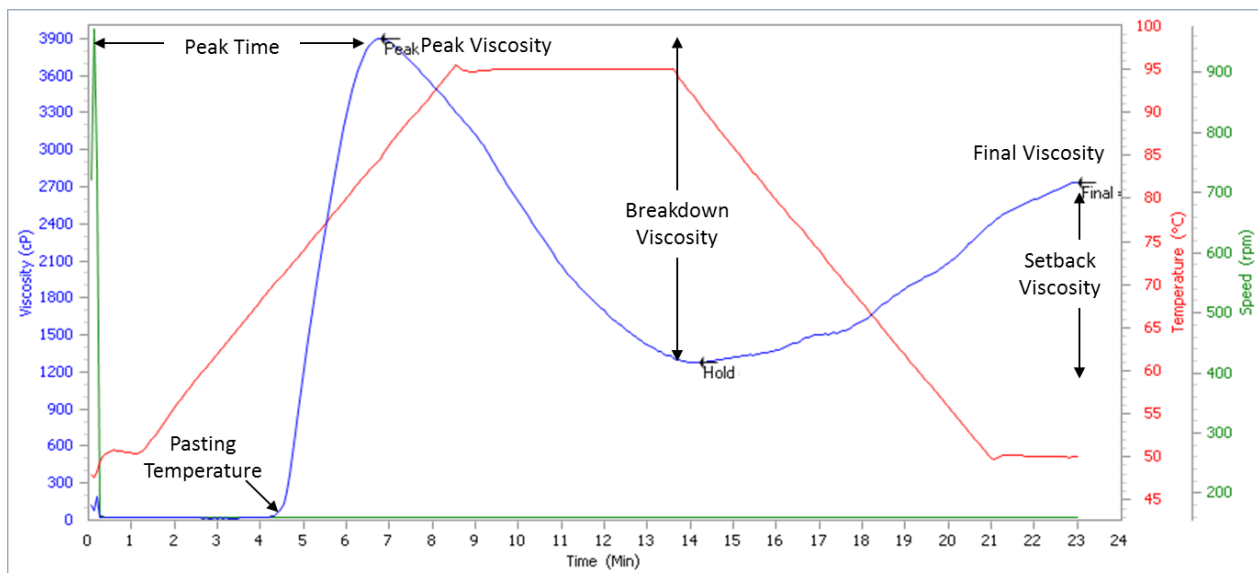
Karakterisasi pasta pati dapat menjadi metode yang tepat untuk memprediksi kualitas mi (Horndok dan Noomhorm, 2007). *Peak Viscosity* (PV) merupakan viskositas yang tercapai saat granula pati mengembang maksimum selama fase pemanasan, sedangkan *Hot Paste Viscosity* (HPV) merupakan viskositas yang tercapai setelah suhu dipertahankan pada 95°C selama waktu tertentu. *Breakdown Viscosity* (BV) adalah selisih viskositas puncak dengan viskositas yang tercapai setelah pemasakan pada suhu 95°C (BV = PV-HPV). *Setback Viscosity* (SV) adalah selisih *final viscosity* dengan HPV (SV = FV-HPV). Deskripsi profil gelatinisasi pati disajikan pada Gambar 1.

amilosa, waktu puncak, dan volume *swelling* pembengkakan granula. Dengan demikian, parameter tersebut dapat menjadi indikator awal untuk mendeteksi level kandungan amilosa telah memenuhi syarat untuk pembuatan bihun. Di sisi lain, PV justru berkorelasi positif terhadap *water holding capacity* dan kemampuan pembengkakan granula pati (Marti, dkk., 2010). Sementara itu, tendensi retrogradasi pati dapat diprediksi dari nilai SV (Lase, dkk., 2013). SV yang tinggi memberikan kontribusi positif terhadap pembentukan jaringan mi karena kecenderungan terjadinya retrogradasi yang lebih tinggi.

Parameter lain yang penting diamati di dalam profil pasta adalah HPV dan FV. Nilai HPV yang rendah dapat merepresentasikan *cooking loss* yang rendah. Sementara itu, FV yang tinggi dan retrogradasi yang cepat adalah karakteristik pati yang diperlukan untuk menghasilkan kualitas mi pati yang baik (Yadaf, dkk., 2011).

2.3. Kualitas Fisik

Secara umum, kualitas fisik mi (*physical properties*) dapat diamati dari berbagai



Gambar 1. Profil Gelatinisasi Pati Hasil Pengukuran Menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA)

PV dan BV yang tinggi memberikan efek menguntungkan terhadap mutu mi yang terbuat dari komposit tepung terigu dan *water chestnuts* (Yadaf, dkk., 2014). Pada pati jagung, Tam, dkk. (2004) menyimpulkan bahwa nilai PV berkorelasi negatif dengan kandungan

parameter, antara lain elongasi, *cooking loss*, waktu pemasakan (*cooking time*), tekstur (kekerasan, kekenyalan, kelengketan), dan warna. Berdasarkan hasil studi pustaka, elongasi dan *cooking loss* menjadi parameter fisik mi yang paling utama. Elongasi mi biasanya

diekspresikan dalam bentuk persentase, yang menunjukkan kemampuan mi untuk mempertahankan strukturnya saat diberikan gaya tarik. Semakin besar persentasenya, maka mi semakin elastis. Selanjutnya, mi dapat mengalami kehilangan bobot karena terjadinya degradasi struktur akibat perebusan. Kehilangan bobot mi tersebut dihitung dan disajikan sebagai persentase *cooking loss*. Nilai *cooking loss* yang tinggi menunjukkan mi sangat mudah mengalami degradasi sehingga berbagai upaya dilakukan untuk mempertahankan struktur mi selama proses rehidrasi.

Beberapa bahan tambahan sering dipakai untuk mengurangi *cooking loss*. Penambahan pati resisten komersial, Nutriose®, sebanyak 10 persen mampu menurunkan *cooking loss* pada mi tepung dan pati ubi jalar (Menon, dkk., 2015). Penambahan *mucilage* pada formula mi yang terbuat dari kombinasi terigu dan pati singkong mampu menurunkan *cooking loss* sampai dengan 4,3-7,5 persen, jauh lebih rendah dibandingkan mi terigu, yaitu 11,2 persen (Charles, dkk., 2007).

Selain itu, teknik modifikasi pati HMT juga dilaporkan mampu berkontribusi terhadap penurunan *cooking loss*. Lase, dkk. (2013) melakukan teknik modifikasi hidrotermal HMT (suhu 100°C selama 3 jam, kadar air 25 persen) pada beberapa pati ubi jalar (putih, kuning, jingga, dan ungu). Selanjutnya, pati termodifikasi diolah menjadi bihon. Bihon dari pati beras digunakan sebagai kontrol. Dari empat jenis ubi jalar, mi pati ubi jalar putih mempunyai nilai *cooking loss* yang paling kecil (20,63 persen). Studi ini juga menemukan korelasi signifikan antara *cooking loss* dengan viskositas puncak pati termodifikasi. Semakin tinggi viskositas, maka *cooking loss* mi cenderung semakin tinggi. Teknik HMT (suhu 100°C, selama 16 jam, kadar air 25 persen) juga dilakukan oleh Purwani, dkk. (2006) pada pati sagu. Meskipun waktu pemasakan (*cooking time*) lebih lama, modifikasi pati mampu menurunkan *cooking loss* dan menaikkan elongasi mi. Dengan demikian, modifikasi pati dengan HMT dapat menjadi teknologi tepat guna untuk memperbaiki kinerja pati lokal sebagai bahan baku mi.

Selain inovasi formula dan teknologi modifikasi pati, *cooking loss* dan elongasi dapat

dipengaruhi oleh proses produksi mi. Subarna dan Muhandri (2013) membuat mi jagung dengan teknik *kalendering*, dan mengamati parameter fisik mi, antara lain *cooking loss* dan elongasi. Mi diproses dengan dua diameter *die* (cetakan), yaitu 0,6 cm dan 0,3 cm, kemudian dikeringkan dengan 3 kondisi (60°C, 40 menit; 70°C, 30 menit; 80°C, 25 menit). Diameter *die* yang lebih kecil (0,3 cm) mengakibatkan nilai *cooking loss* yang lebih kecil (7,94 persen) dan elongasi yang lebih besar (232,73 persen). Ukuran cetakan yang lebih kecil memberikan kesempatan kepada adonan untuk mendapatkan kompresi yang lebih lama sehingga mengakibatkan pembentukan struktur yang lebih kuat. Sementara itu, kondisi pengeringan tidak memberikan dampak signifikan terhadap *cooking loss*, akan tetapi secara nyata memengaruhi elongasi. Perubahan struktur mi akibat suhu pengeringan yang lebih rendah cenderung lebih kecil sehingga elongasi mi menjadi lebih besar setelah rehidrasi.

2.4. Mi Fungsional

Tantangan inovasi mi bebas gluten tidak hanya ada di kualitas fisik, melainkan mampu menghasilkan mi dengan sifat fungsional yang dapat menjawab ekspektasi masyarakat terhadap hadirnya makanan kesehatan. Oleh karena itu, berbagai upaya dilakukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Produk pangan tahan cerna atau *low Glycemic Index (low GI) product* telah banyak ditelaah karena manfaatnya terutama untuk penderita diabetes. Daya cerna mi menjadi indikator penting untuk menjadi nilai tambah produk.

Ge, dkk. (2014) melakukan studi karakterisasi dan evaluasi gizi mi yang dibuat dari beragam sumber pati (kacang polong, kacang hijau, ubi jalar, kentang, fernery, dan kudzu). Mi dari pati kacang polong dan kacang hijau mempunyai amilosa dan pati resisten yang lebih tinggi, serta nilai eGI (*estimated Glycemic Index*) yang lebih rendah dibandingkan mi dari jenis pati lainnya. Studi ini juga menemukan bahwa ada korelasi negatif antara jumlah amilosa dan pati resisten terhadap nilai eGI. Nilai indeks glikemik adalah representasi dari respon glukosa akibat aktivitas pencernaan. Semakin cepat suatu pangan dikonversi menjadi glukosa, maka nilai indeks glikemik semakin tinggi. Pangan yang mempunyai indeks glikemik rendah lebih sesuai

untuk konsumen tertentu, antara lain penderita diabetes.

Selain daya cerna, manfaat fungsional mi dapat diobservasi melalui potensinya sebagai prebiotik. Substitusi parsial tepung beras dengan pati ganyong (beserta derivatnya) sebanyak 20 persen pada mi berhasil menunjukkan efek prebiotik. Produksi asam lemak rantai pendek (*Short Chain Fatty Acid*–SCFA) setelah fermentasi secara *in vitro* (selama 24, 48, 72 jam) digunakan sebagai indikator. Semakin tinggi produksi SCFA, maka semakin tinggi potensi efek prebiotiknya. Dalam eksperimen ini, inulin, prebiotik yang tersusun atas rantai linear unit fruktosa β -(2 \rightarrow 1), juga dipakai sebagai referensi karena dilaporkan dapat seluruhnya difermentasi. Meskipun demikian, total SCFA inulin adalah yang paling rendah sampai dengan fermentasi 48 jam. Setelah 72 jam fermentasi, total SCFA semua sampel berada di atas 25 mmol/L, kecuali mi beras (tanpa substitusi). Asam asetat merupakan fraksi SCFA yang paling dominan pada semua sampel. Namun demikian, fermentasi pati resisten umumnya akan menghasilkan asam butirat yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil studi diketahui bahwa modifikasi pati ganyong dengan retrogradasi dan *debranched* menghasilkan asam butirat yang paling tinggi dibandingkan derivat lainnya. Dengan demikian, berdasarkan produksi SCFA, substitusi parsial dengan pati tersebut mampu memberikan potensi efek prebiotik (Wandee, dkk., 2015).

2.5. Bahan Pendukung

Upaya perbaikan kualitas mi bebas gluten telah dilaporkan oleh beberapa penelitian sebelumnya. Penambahan beberapa bahan tambahan diketahui mampu memperbaiki kualitas mi pati, antara lain bekatul, *Isolated Soybean Protein* (ISP) dan *Glycerol Monostearate* (GMS), dan *guar gum*.

Pengaruh bekatul terhadap kualitas mi telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Penambahan bekatul pada mi (*dry white Chinese noodle*) memberikan perubahan signifikan pada beberapa parameter mi, antara lain penurunan kekerasan (*hardness*), kekenyalan (*gumminess*), dan daya kunyah (*chewiness*) dengan level penambahan optimal mencapai

5-10 persen (Chen, dkk., 2011). Sementara itu, Baek, dkk. (2014) berhasil menunjukkan korelasi antara peningkatan rasio bekatul jagung terhadap penurunan karakteristik pasta dan viskoelastisitas campuran bekatul dengan tepung beras. Mi yang mengandung bekatul jagung mempunyai rasio ekspansi yang lebih kecil dan tekstur yang lebih lembut. Penambahan bekatul beras terstabilisasi sebanyak 5 persen dan 10 persen pada pembuatan pizza mampu meningkatkan serat pangan (*dietary fiber*) sebesar 3,8 persen dan 5,5 persen secara berturut-turut (de Delahaye, dkk., 2005). Di sisi lain, Cho, dkk. (2014) mensubstitusikan rutin komponen kaya antioksidan, diekstrak dari bekatul biji *buckwheat* pada mi terigu dan dihasilkan mi dengan aktivitas antioksidan yang diinginkan.

Tan, dkk. (2009) telah merangkum beberapa riset mengenai penggunaan ISP pada mi pati, salah satunya pada mi pati kentang. Penambahan 5 persen ISP dilaporkan mampu menurunkan adhesivitas, mi tidak lengket, dan menaikkan elongasi. Selain itu, kemampuan ISP untuk membentuk gel juga diharapkan memberikan efek positif terhadap kualitas fisik mi (Gan, dkk., 2009). Penambahan ISP pada mi juga dilakukan karena aspek peningkatan gizi. Bioaktivitas peptida protein kedelai telah banyak diketahui memberikan manfaat fungsional terhadap kesehatan, antara lain antihipertensi, antiobesitas, imunomodulator, hipokolesterolemik, antioksidan dan antikanker (Singh, dkk., 2014). Selanjutnya, studi penambahan *glycerol monostearate* (GMS) pada mi pernah dilakukan pada 2 jenis mi pati, jagung dan kentang. GMS memberikan perubahan substansial pada karakteristik fisikokimia, termal, reologi dan tekstural mi. Kenaikan suhu gelatinisasi terjadi dengan penambahan GMS, namun terjadi penurunan kekerasan, kohesivitas, daya kunyah, kelengketan dan *springiness* (Kaur, dkk., 2005). Parameter fisik mi juga dapat ditingkatkan dengan menambahkan *guar gum*. Penggunaan *guar gum* sampai dengan 2 persen dilaporkan berhasil meningkatkan elongasi, menurunkan *cooking loss* dan kekerasan pada mi jagung. Selain itu, penambahan *guar gum* perlu diperhatikan karena dapat mengurangi kecerahan mi (Muhandri, dkk., 2013).

III. TEKNOLOGI EKSTRUSI UNTUK PEMBUATAN MI BEBAS GLUTEN

3.1. Prinsip Kerja Ekstrusi

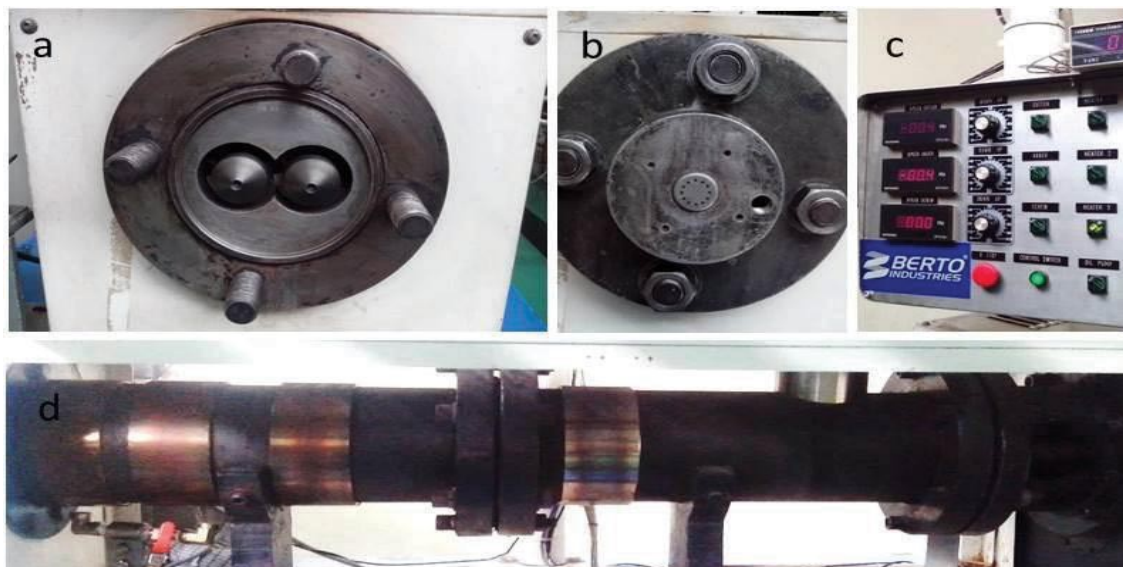
Definisi ekstrusi adalah proses yang melibatkan pemberian tekanan dan daya dorong terhadap suatu bahan pangan di bawah kondisi tertentu (variasi kecepatan mixing, panas, dan tekanan) melewati *die plate* (tahanan) yang didesain untuk memberi bentuk yang diinginkan. Di dalam teknologi pangan, ekstruder dapat diaplikasikan untuk berbagai keperluan (Riaz, 2000), antara lain pembuangan gas (*degassing*), dehidrasi, gelatinisasi, pasteurisasi dan sterilisasi, homogenisasi, dan pencetakan (*shaping*).

Secara umum, proses ekstrusi baik pada jenis ulir tunggal maupun ganda dibagi menjadi 3 zona, yaitu *feeding*, *kneading*, dan *final cooking*. Di *zona feeding*, kerapatan bahan (adonan) masih rendah. Pengaturan kadar air masih dapat dilakukan di zona ini untuk menyesuaikan viskositas, tekstur serta meningkatkan perpindahan panas. Selanjutnya, bahan didorong menuju *zona kneading*, di mana suhu dan tekanan mulai naik, mengakibatkan densitas ekstrudat meningkat. Tekanan geser (*shear rates*) akan mencapai titik paling tinggi di *zona final cooking* akibat pengaruh konfigurasi ulir (Huber, 2010). Deskripsi ekstruder ulir ganda disajikan pada Gambar 2.

3.2. Pembentukan Struktur Mi dengan Ekstrusi

Mi bebas gluten dapat dibuat melalui beberapa teknik. Pada mi jagung, beberapa teknik yang sudah dikembangkan, antara lain *kalendering*, ekstrusi dan kombinasi keduanya. Pada teknik *kalendering*, bahan dicampur sehingga membentuk adonan. Selanjutnya, adonan dibentuk menjadi lembaran dan dipotong menjadi untaian mi. Terdapat dua jenis teknik ekstrusi, yaitu menggunakan ekstruder pencetak (*forming extruder*) dan ekstruder pemasak-pencetak (*cooking-forming extruder*). Ekstruder pencetak melibatkan proses pengadukan dan pembentukan lembaran. Selanjutnya, lembaran dikukus dan dicetak menggunakan ekstruder. Setelah pencetakan, mi kembali dikukus. Sementara itu, proses pemasakan dan pencetakan terjadi secara terus-menerus menggunakan ekstruder pemasak-pencetak. Keunggulan teknik ini adalah proses gelatinisasi terjadi lebih sempurna karena penetrasi panas dan air terjadi secara simultan dengan pengadukan, pengadonan, kompresi dan tekanan geser (Muhandri, 2012).

Proses ekstrusi memberikan pengaruh substansial dalam pembentukan struktur mi bebas gluten. Berbeda dengan mi terigu yang mengandalkan kinerja protein gluten untuk membentuk jaringan yang elastis dan kokoh, mi yang terbuat dari bahan non-terigu harus



Gambar 2. Alat Ekstruder Ulir Ganda. Sepasang Ulir, Tipe Co-Rotating (a), Die Plate atau Cetakan Untuk Mi, Terdiri Atas 12 Lubang (b), Papan Kontrol Kecepatan Ulir (c), dan Barrel (d)

Tabel 2. Berbagai Kondisi Proses Ekstrusi Pembuatan Mi Bebas Gluten

Produk	Kondisi Proses			Referensi
	Tipe Ekstruder	Suhu	Kecepatan Ulir	
<i>Rice Vermicelli</i> (Bihon)	<i>Single Extruder</i>	<i>Screw</i> 70, 80, 90 :100, 110 :100 °C (Zona 1: Zona 2: Zona 3)	30 rpm	Charutigon, dkk. (2008)
Mi Jagung	<i>Single Extruder</i>	<i>Screw</i> 90 °C	130 rpm	Muhandri, dkk. (2011)
Mi Pati Kacang <i>Pea</i>	<i>Twin Extruder</i>	<i>Screw</i> 40:70:85-100:90 °C (Zona 1: Zona 2: Zona 3: Zona 4)	100-200 rpm	Wang, dkk. (2012)
Mi Pati Kacang <i>Pea dan Lentil</i>	<i>Twin Extruder</i>	<i>Screw</i> 40:70:95:90 °C (Zona 1: Zona 2: Zona 3: Zona 4)	150 rpm	Wang, dkk. (2014)

mengalami proses gelatinisasi, tekanan, dan *shear stress* yang cukup. Kondisi inilah yang dapat tercapai melalui penggunaan teknologi ekstrusi dengan karakteristik alat atau proses yang sesuai.

3.3. Aplikasi Ekstrusi pada Pembuatan Mi

Pemanfaatan teknologi ekstrusi di dalam pembuatan mi telah banyak dilaporkan dalam berbagai penelitian sebelumnya (Tabel 2). Muhandri, dkk. (2011) melakukan optimasi ekstrusi pembuatan mi dari tepung jagung menggunakan ekstruder ulir tunggal (*single screw extruder*). Produk mi jagung yang optimum diperoleh dari formula kadar air tepung 70 persen, suhu ekstrusi 90°C dan kecepatan ulir 130 rpm, yang menghasilkan mi jagung dengan karakteristik seperti berikut kekerasan (*hardness*) 3039,79 gf, kelengketan (*stickiness*) -116,2 gf, elongasi 318,68 persen, dan *cooking loss* 4,56 persen. Kecepatan ulir tampak memberikan kontribusi besar terhadap kualitas akhir mi, terutama nilai *cooking loss*. Jika kecepatan terlalu rendah, adonan belum mendapatkan tekanan yang cukup untuk membentuk massa yang kompak sehingga mi akan mudah luruh saat direbus. Sebaliknya, kecepatan yang terlalu tinggi menyebabkan gelatinisasi pati di dalam *barrel* berlangsung tidak sempurna.

Selain kecepatan ulir, suhu pemanasan di dalam *barrel* juga memberikan efek signifikan terhadap nilai *cooking loss*. Peningkatan suhu

ekstrusi di zona 1 dan 2 cenderung menurunkan nilai *cooking loss* pada bihon. Kombinasi suhu *barrel* 90: 100: 100 menghasilkan *cooking loss* paling rendah, yaitu 7,1 g/100 g mi kering (*dry weight basis*). Kehilangan bobot selama proses pemasakan berasal dari solubilisasi pati di permukaan mi (Charutigon, dkk., 2008).

Ekstrusi juga diterapkan pada pembuatan mi pati dari kacang-kacangan. Mi dibuat dari pati kacang *pea* menggunakan ekstruder ulir ganda pada suhu *barrel* 95°C, kecepatan ulir 150 rpm, dan kadar air adonan 35 persen untuk menghasilkan kualitas mi yang optimal (Wang, dkk., 2012). Wang, dkk. (2014) juga menggunakan ekstruder ulir ganda untuk memproduksi mi dari pati kacang *pea* dan lentil. Selanjutnya, karakteristik mi dibandingkan dengan mi pati kacang hijau (*mung bean noodles*) komersial. *Cooking loss* dan *cooking time* mi pati kacang *pea* dan lentil lebih tinggi dari pada mi pembanding. Kehilangan bobot mi disebabkan oleh sebagian pati yang hilang dan degradasi pati akibat proses ekstrusi.

IV. KESIMPULAN

Mi bebas gluten mempunyai mekanisme pembentukan struktur yang berbeda dengan mi terigu. Mi terigu mengandalkan kinerja protein gluten, sedangkan pembentukan struktur mi bebas gluten bergantung pada proses gelatinisasi dan retrogradasi. Karakteristik pati, antara lain fraksi amilosa, dimensi granula, dan profil pasta menjadi faktor penting dan dapat

menjadi indikator untuk memprediksi kualitas mi bebas gluten. Penambahan bahan pendukung, seperti ISP dan *guar gum*, serta teknik modifikasi pati dapat memperbaiki kualitas akhir mi, antara lain memperbaiki elongasi, menurunkan *cooking loss*. Bekatul yang ditambahkan ke dalam formula juga dilaporkan dapat meningkatkan manfaat fungsional mi bebas gluten. Ekstrusi dapat menjadi teknik yang tepat untuk pengembangan mi bebas gluten. Proses gelatinisasi yang terjadi di dalam *barrel*, serta adanya kompresi dan *shear stress* mengakibatkan perubahan pada pati yang diperlukan untuk membentuk jaringan mi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A.Z., C. Devi, dan Adeline. 2013. Development of Wet Noodles Based on Cassava Flour. *J. Eng. Technol. Sci.* 45 (1) : 97-111.
- Baek, J.J., Y. Kim, dan S. Lee. 2014. Functional Characterization of Extruded Rice Noodles with Corn Bran: Xanthophyll Content and Rheology. *Journal of Cereal Science* 60 (2) : 311-316. doi:10.1016/j.jcs.2014.06.004.
- Charles, A.L., T.C. Huang, P.Y. Lai, C.C. Chen, P.P. Lee, dan Y.H. Chang. 2007. Study of Wheat Flour-Cassava Starch Composite Mix and The Function of Cassava Mucilage in Chinese Noodles. *Food Hydrocolloids*. 21 : 368-378. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.04.008.
- Charutigon, C., J. Jitpupakdree, P. Namsree, dan V. Rungsardthong. 2008. Effects of Processing Conditions and The Use of Modified Starch and Monoglyceride on Some Properties of Extruded Rice Vermicelli. *LWT*. 41 : 642-651. doi:10.1016/j.lwt.2007.04.009.
- Chen, J.S., M.J. Fei, C.L. Shi, J.C. Tian, C.L. Sun, H. Zhang, Z. Ma, dan H.X. Dong. 2011. Effect of Size Particle and Addition Level of Wheat Bran on Quality of Dry White Chinese Noodle. *Journal of Cereal Science*. 53 : 217-224. doi:10.1016/j.jcs.2010.12.005.
- Chen, Z., H.A. Schols, dan A.G.J. Voragen. 2003. Starch Granule Size Strongly Determines Starch Noodle Processing and Noodle Quality. *Journal of Food Science*. 68 (5) : 1584-1589. doi:10.1111/j.1365-2621.2003.tb12295.x.
- Cho, Y.J., I.Y. Bae, G.E. Inglett, dan S. Lee. 2014. Utilization of Tartary Buckwheat Bran as A Source of Rutin and Its Effect on The Rheological and Antioxidant Properties of Wheat-Based Products. *Industrial Crops and Products*. 61 : 211-216. doi:10.1016/j.indcrop.2014.07.003.
- de Delahaye, E.P., P. Jime´nez, dan E. Pe´rez. 2005. Effect of Enrichment with High Content Dietary Fiber Stabilized Rice Bran Flour on Chemical and Functional Properties of Storage Frozen Pizzas. *Journal of Food Engineering*. 68 : 1-7. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.05.048.
- Engelen, A., Sugiyono, dan S. Budijanto. 2015. Optimasi Proses dan Formula pada Pengolahan Mi Sagu Kering (Metroxylon sagu). *Agritech*. 35 (4) : 359-367.
- Food and Agriculture Organization. 2013. *Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets*. Rome: FAO.
- Fu, B.X. 2008. Asian Noodles : History, Classification, Raw Materials, and Processing. *Food Research International*. 41 : 888-902. doi:10.1016/j.foodres.2007.11.007.
- Gallagher, E., T.R. Gormley, dan E.K. Arendt. 2004. Recent Advances in The Formulation of Gluten-Free Cereal-Based Products. *Trends in Food Science & Technology*. 15 : 143-152. doi:10.1016/j.tifs.2003.09.012.
- Gan, C-Y., W-H. Ong, L-M. Wong, dan A.M. Easa. 2009. Effects of Ribose, Microbial Transglutaminase and Soy Protein Isolate on Physical Properties and In-Vitro Starch Digestibility of Yellow Noodles. *LWT- Food Science and Technology*. 42 : 174-179. doi:10.1016/j.lwt.2008.05.004.
- Ge, P-Z., D-C. Fan, M. Ding, D. Wang, dan C-Q. Zhou. 2014. Characterization and Nutritional Quality Evaluation of Several Starch Noodles. *Starch-Stärke*. 66 (9-10) : 880-886. doi:10.1002/star.201300288.
- Hoover, R. 2001. Composition, Molecular Structure, and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches: A Review. *Carbohydrate Polymers*. 45 : 253-267.
- Hormdok, R. dan A. Noomhorm. 2007. Hydrothermal Treatments of Rice Starch for Improvement of Rice Noodle Quality. *LWT*. 40 : 1723-1731.
- Huber, G.R. 2010. Twin-Screw Extruders. *Di dalam Riaz, M. N. (ed.) Extruders in Food Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Kasemsuwan, T., T. Bailey, dan J. Jane. 1998. Preparation of Clear Noodles with Mixtures of Tapioca and High-Amylose Starches. *Carbohydrate Polymers*. 32 : 301-312.
- Kaur, L., J. Singh, dan N. Singh. 2005. Effect of Glycerol Monostearate on The Physico-Chemical, Thermal, Rheological and Noodle Making Properties of Corn and Potato Starches. *Food Hydrocolloids*. 19 : 389-849. doi:10.1016/j.foodhyd.2004.10.036.
- Lase, V.A., E. Julianti, dan L.M. Lubis. 2013. Bihon Type Noodles from Heat Moisture Treated Starch

- of Four Varieties of Sweet Potato. *J. Teknol. dan Industri Pangan*. 24 (1) : 89-96. doi:10.6066/jtip.2013.24.1.89.
- Lerner, A., P. Jeremias, dan T. Matthias. 2015. The World Incidence of Celiac Disease Is Increasing: A review. *International Journal of Recent Scientific Research*. 6 (7) : 5491-5496.
- Marti, A., K. Seetharaman, dan M. Pagani. 2010. Rice-Based Pasta: A Comparison between Conventional Pasta-Making and Extrusion-Cooking. *Journal of Cereal Science*. 52 : 404-409. doi:10.1016/j.jcs.2010.07.002.
- Menon, R., G. Padmaja, dan M.S. Sajeev. 2015. Cooking Behavior and Starch Digestibility of Nutriose® (Resistant Starch) Enriched Noodles from Sweet Potato Flour and Starch. *Food Chemistry*. 182 : 217-223. doi:10.1016/j.foodchem.2015.02.148.
- Muhandri, T., A.B. Ahza, R. Syarief, dan Sutrisno. 2011. Optimization of Corn Noodle Extrusion Using Response Surface Methodology. *J. Teknol. dan Industri Pangan*. XXII (2) : 97-104.
- Muhandri, T. 2012. Mekanisme Proses Pembuatan Mi Berbahan Baku Jagung. *Buletin Teknologi Pascapanen*. 8 (2) : 71-79.
- Muhandri, T., Subarna, dan N.S. Palupi. 2013. Characteristics of Wet Corn Noodle: Effect of Feeding Rate and Guar Gum Addition. *J. Teknol. dan Industri Pangan*. 24 (1) : 110-114. doi:10.6066/jtip.2013.24.1.110.
- Purwandari, U., D. Hidayati, B. Tamam, dan S. Arifin. 2014. Gluten-Free Noodle Made from Gathotan (An Indonesian Fungal Fermented Cassava) Flour: Cooking Quality, Textural, and Sensory Properties. *International Food Research Journal*. 21 (4) : 1615-1621.
- Purwani, E.Y., Widaningrum, R. Thahir, dan Muslich. 2006. Effect of Heat Moisture Treatment of Sago Starch on Its Noodle Quality. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 7 (1) : 8-14.
- Riaz, M.N. 2000. Introduction to Extruders and Their principles. *Di dalam Riaz, M. N. (ed.) Extruders in Food Application*. Boca Raton: CRC Press.
- Sandhu, K.S., M. Kaur, dan Mukesh. 2010. Studies on Noodle Quality of Potato and Rice Starches and Their Blends in Relation to Their Physicochemical, Pasting and Gel Textural Properties. *LWT-Food Science and Technology*. 43 : 1289-1293. doi:10.1016/j.lwt.2010.03.003.
- Singh, B.P., S. Vij, dan S. Hati. 2014. Functional Significance of Bioactive Peptides Derived from Soybean. *Peptides*. 54 : 171-179. doi:10.1016/j.peptides.2014.01.022.
- Subarna dan T. Muhandri. 2013. Corn Noodle Processing Using Calendaring Method. *J. Teknol. dan Industri Pangan*. 24 (1) : 75-80. doi:10.6066/jtip.2013.24.1.75.
- Tam, L.M., H. Corke, W.T. Tan, J. Li, dan L.S. Collado. 2004. Production of Bihon-Type Noodles from Maize Starch Differing in Amylose Content. *Cereal Chemistry Journal*. 81 (4) : 475-480. doi:10.1094/CCHEM.2004.81.4.475.
- Tan, H-Z., Z-G. Li, dan B. Tan. 2009. Starch Noodles: History, Classification, Materials, Processing, Structure, Nutrition, Quality Evaluating and Improving. *Food Research International*. 42 : 551-576. doi:10.1016/j.foodres.2009.02.015.
- Wandee, Y., D. Uttapap, S. Pancha-Arnon, C. Puttanlek, V. Rungsardthong, dan N. Wetprasit. 2015. Quality Assessment of Noodles Made from Blends of Rice Flour and Canna Starch. *Food Chemistry*. 179 : 85-93. doi:10.1016/j.foodchem.2015.01.119.
- Wang, N., L. Maximiuk, dan R. Toews. 2012. Pea Starch Noodles: Effect of Processing Variables on Characteristics and Optimisation of Twin-Screw Extrusion Process. *Food Chemistry*. 133 : 742-753. doi:10.1016/j.foodchem.2012.01.087.
- Wang, N., T.D. Warketin, B. Vandenberg, dan D.J. Bing. 2014. Physicochemical Properties of Starches from Various Pea and Lentil Varieties, and Characteristics of Their Noodles Prepared by High Temperature Extrusion. *Food Research International*. 55 : 119-127. doi:10.1016/j.foodres.2013.10.043.
- Wu, F., Y. Meng, N. Yang, H. Tao, dan X. Xu. 2015. Effects of Mung Bean Starch on Quality of Rice Noodles Made by Direct Dry Flour Extrusion. *LWT-Food Science and Technology*. 63 : 1199-1205. doi:10.1016/j.lwt.2015.04.063.
- Yadaf, B., R. Yadaf, dan M. Kumar. 2011. Suitability of Pigeon Pea and Rice Starches and Their Blends for Noodle Making. *LWT-Food Science and Technology*. 44 : 1415-1421.
- Yadaf, B.S., R.B. Yadaf, M. Kumari, dan B.S. Khatkar. 2014. Studies on Suitability of Wheat Flour Blends with Sweet Potato, Colocasia and Water Chestnut Flours for Noodle Making. *LWT-Food Science and Technology*. 57 : 352-358. doi:10.1016/j.lwt.2013.12.042.
- Zhang, Y., W. Liu, C.Liu, S. Luo, T. Li, Y. Liu, D. Wu, dan Y. Zuo. 2014. Retrogradation Behaviour of High-Amylose Rice Starch Prepared by Improved Extrusion Cooking Technology. *Food Chemistry*. 158 : 255-261. doi:10.1016/j.foodchem.2014.02.072.

BIODATA PENULIS :

Mojiono. Tempat dan tanggal lahir: Pamekasan, 13 Oktober 1989. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura pada tahun 2012. Program magister ditempuh di Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, IPB tahun 2013. Email: mojiono@apps.ipb.ac.id.

Budi Nurtama. Tempat dan tanggal lahir: Yogyakarta, 15 April 1959. Pendidikan S1 ditempuh di Teknik Pertanian, IPB (1982). Program master ditempuh di University of Guelph, Canada (1991), sedangkan program doktor diselesaikan di National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan (2010). Email: b.nurtama@gmail.com.

Slamet Budijanto. Tempat dan tanggal lahir: Madiun, 2 Mei 1961. Pendidikan S1 ditempuh di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB (1985). Program Master (1990) dan program doktor (1993) ditempuh di Tohoku University, Jepang. Email: slamet.budijanto@gmail.com.