

NILAI BIOLOGIS MI KERING JAGUNG YANG DISUBSTITUSI TEPUNG JAGUNG TERMODIFIKASI MELALUI *HEAT MOISTURE TREATMENT*

[*Biological Values of Dried Corn Noodles Substituted with Heat Moisture Treated (HMT)-Corn Flour*]

Nurheni Sri Palupi^{1)*}, Feri Kusnandar¹⁾, dan Oke Anandika Lestari²⁾

¹⁾Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

²⁾Program Studi Magister Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Diterima 11 Maret 2014 / Disetujui 13 Maret 2015

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effects of physical modification of corn flour by heat moisture treatment (110°C, 6 hours) on the biological values of Heat Moisture Treated (HMT)-corn flour obtained as well as corn noodles substituted with the HMT-corn flour. The parameters tested which were directly associated were starch and protein digestibility *in vitro* while indirect parameters included the resistant starch and insoluble fiber contents. The chemical composition (protein, fat, carbohydrates, starch, amylose and amylopectin) of the substituted corn noodles were analyzed by chemical methods. *In vitro* dietary fiber of the noodles were determined gravimetrically whereas the resistant starch, starch and protein digestibility for both the HMT-corn flour and corn noodles substituted with 10% HMT-corn flour were determined using spectrophotometry. The HMT-corn flour had higher resistant starch and soluble fiber contents, but lower starch and protein digestibilities. Meanwhile, the substituted corn noodle had higher resistant starch and soluble fiber yet had significantly lower starch digestibility than those of corn noodle without HMT-corn flour.

Keyword: corn noodle, heat moisture treatment, protein digestibility, resistant starch, starch digestibility

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh tepung jagung yang dimodifikasi secara fisik menggunakan teknik *Heat Moisture Treatment* (110°C, 6 jam) terhadap nilai biologis tepung dan mi jagung tersubstitusi HMT-corn flour. Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi nilai biologis secara langsung adalah daya cerna pati dan protein secara *in vitro* sedangkan secara tidak langsung nilai biologis juga dihubungkan dengan kandungan pati resisten dan kandungan serat tidak larutnya. Analisis komposisi kimia (protein, lemak, karbohidrat, pati, amilosa dan amilopektin) mi jagung tersubstitusi HMT-corn flour dilakukan berdasarkan metode kimia. Analisis *in vitro* serat pangan ditentukan dengan metode gravimetri, sedang pati resisten serta daya cerna pati dan protein baik pada HMT-corn flour maupun pada mi jagung yang disubstitusi dengan 10% HMT-corn flour ditentukan menggunakan metode spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HMT-corn flour mengandung pati resisten dan serat pangan lebih tinggi, serta daya cerna pati dan protein yang lebih rendah dibandingkan tepung jagung alami. Mi jagung yang disubstitusi dengan 10% tepung jagung HMT juga mempunyai kadar pati resisten dan serat pangan yang lebih tinggi, tetapi hanya daya cerna pati yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan mi jagung tanpa substitusi tepung jagung HMT.

Kata kunci: daya cerna pati, daya cerna protein, *heat moisture treatment* (HMT), mi jagung, pati resisten

PENDAHULUAN

Tepung jagung berpotensi untuk dikembangkan menjadi mi jagung. Pengembangan teknologi mi

jagung telah banyak dipelajari, diantaranya dengan menerapkan teknologi kalendering (Kusnandar *et al.*, 2009; Palupi *et al.*, 2010) dan ekstrusi (Muhandri dan Subarna, 2009; Muhandri *et al.*, 2011; Subarna *et al.*, 2012; Muhandri *et al.*, 2013).

*Penulis Korespondensi:
E-mail: hnpalupi@yahoo.com

Perbedaan utama dari proses produksi mi jagung dari 100% tepung jagung dibandingkan mi terigu adalah adanya tahapan pengukusan adonan sebelum proses pembentukan lembaran adonan dan untaian mi (*sheeting* dan *slitting*). Hal ini disebabkan pembentukan lembaran adonan tepung jagung bukan ditentukan oleh peranan protein gluten, tetapi oleh pati yang tergelatinisasi yang berperan sebagai pengikat adonan (Kusnandar *et al.*, 2009).

Mi kering jagung yang dibuat dari 100% tepung jagung masih memiliki kekurangan dalam hal mutu fisik dan organoleptik mi setelah pemasakan, yaitu kehilangan padatan selama pemasakan yang masih tinggi, tingkat kekenyalan dan elastisitas yang masih kurang baik, serta kelengketan yang masih relatif tinggi (Putra, 2008). Modifikasi pati dengan metode *Heat Moisture Treatment* dilaporkan dapat memperbaiki karakteristik profil gelatinisasi pati, yaitu menurunkan viskositas *breakdown* serta lebih stabil terhadap proses pemanasan dan pengadukan (Kusnandar *et al.*, 2009; Syamsir *et al.*, 2012). Perbaikan karakteristik pati oleh modifikasi *Heat Moisture Treatment* tersebut dapat memperbaiki mutu mi. Kusnandar *et al.* (2009) melaporkan bahwa penggunaan 10% HMT-corn flour melalui proses pada suhu 110°C selama 6 jam dengan kadar air terkontrol 24%, dapat memperbaiki karakteristik tekstur mi jagung setelah dimasak. Perbaikan karakteristik mi tersebut meliputi pengurangan kehilangan padatan terlarut, penurunan tingkat kekerasan dan kelengketan, serta peningkatan elastisitas mi.

Pemanasan pada suhu tinggi selama proses modifikasi tersebut dapat mengakibatkan terjadinya perubahan nilai biologis tepung jagung dan mi jagung yang dihasilkan. Shin *et al.* (2004) melaporkan terjadinya peningkatan kandungan pati resisten sebagai hasil proses modifikasi *Heat Moisture Treatment*. Penelitian lain menunjukkan bahwa konsumsi pati resisten dapat meningkatkan jumlah mikroflora usus yang berperan positif bagi tubuh, diantaranya adalah *Lactobacilli* dan *Bifidobacteria* (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2011). Lee *et al.* (2012) melakukan optimasi proses *Heat Moisture Treatment* untuk meningkatkan pembentukan pati dengan daya cerna rendah pada pati kentang dan mempelajari struktur dan sifat fisiologisnya. Hasilnya menunjukkan bahwa perubahan struktur yang disebabkan oleh proses *Heat Moisture Treatment* pada pati kentang secara signifikan menurunkan daya cerna dan kadar gula darah tikus yang mengonsumsinya. Chung *et al.* (2009) mengemukakan bahwa *Heat Moisture Treatment* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap pati yang cepat dicerna, pati yang lambat dicerna, pati resisten dan estimasi indeks glikemik pada pati jagung dan

kacang polong. Proses *Heat Moisture Treatment* menurunkan pati yang cepat dicerna dan estimasi indeks glikemik, akan tetapi meningkatkan kandungan pati yang lambat dicerna dan pati resisten.

Untuk meningkatkan nilai tambah mi kering jagung maka mi dapat dibuat dengan substitusi tepung jagung yang dimodifikasi HMT (HMT-corn flour). Seperti telah dikemukakan melalui beberapa penelitian terdahulu, proses *Heat Moisture Treatment* dapat memperbaiki karakteristik profil gelatinisasi pati, yaitu menurunkan viskositas *breakdown* tetapi menjadikan pati lebih stabil terhadap proses pemanasan dan pengadukan. Selain itu, proses *Heat Moisture Treatment* juga dapat meningkatkan nilai biologis pati yang dihasilkan seperti meningkatkan kandungan pati resisten dan meningkatkan kandungan pati yang lambat dicerna sehingga dapat menurunkan indeks glikemik. Sehubungan dengan itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh proses *Heat Moisture Treatment* pada tepung jagung terhadap kandungan pati resisten, serat pangan, serta nilai biologis (daya cerna pati dan daya cerna protein) HMT-corn flour dan mi jagung yang disubstitusi 10% HMT-corn flour.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam produksi mi jagung dan HMT-corn flour adalah tepung jagung yang lolos ayakan 100 mesh. Tepung jagung diproses dari jagung pipil varietas Pioneer 21 yang diperoleh dari Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur. Bahan tambahan lain yang digunakan adalah garam yang diperoleh dari toko swalayan dan *guar gum* (Sigma, Germany) garam dan *guar gum*. Enzim-enzim yang digunakan meliputi: α -amilase (untuk analisis pati resisten dan daya cerna pati); pankreatin, amiloglukosidase, dan glukosa oksidase (untuk analisis kadar pati resisten); termamil (untuk analisis serat pangan), serta enzim tripsin, kimotripsin, dan peptidase (untuk analisis daya cerna protein).

Metode penelitian

Penelitian terdiri dari tahap pembuatan HMT-corn flour, tahap produksi mi jagung yang disubstitusi dengan HMT-corn flour, dan tahap evaluasi nilai kimia dan biologis HMT-corn flour dan mi jagung yang disubstitusi 10% HMT-corn flour.

Proses produksi HMT-corn flour

Proses modifikasi tepung jagung dengan teknik *Heat Moisture Treatment* dilakukan dengan mengacu pada metode Collado dan Corke (1999),

yaitu dengan mempertahankan kadar air tepung jagung sekitar 24% selama proses perlakuan pemanasan. Suhu dan waktu proses pemanasan untuk memperoleh HMT-corn flour dengan profil gelatinisasi tipe C dari tepung jagung merujuk penelitian sebelumnya (Kusnandar *et al.*, 2009). Tepung jagung (1,000 g) disemprot dengan air sedikit demi sedikit disertai dengan pengadukan supaya homogen. Untuk menghasilkan tepung dengan kadar air tepung jagung sebesar 24% diperlukan penyemprotan air sebanyak 22,7 mL air per 100 g tepung jagung. Tepung jagung yang sudah dilembabkan kemudian ditempatkan dalam loyang tertutup dan dimasukkan ke dalam refrigerator (4-5°C selama 24 jam). Loyang berisi tepung jagung kemudian diberi perlakuan pemanasan di dalam oven pada suhu 110°C selama 6 jam. Selama perlakuan pemanasan, dilakukan pengadukan tepung secara periodik setiap jam. Setelah perlakuan pemanasan, tepung jagung (HMT-corn flour) didinginkan pada suhu ruang selama 1 jam. Untuk menurunkan kadar air, HMT-corn flour kemudian dikeringkan dalam oven (50°C, 4 jam). HMT-corn flour kemudian diayak kembali sehingga diperoleh tepung yang lolos ayakan 100 mesh.

Proses pembuatan mi jagung tersubstitusi HMT-corn flour

Proses produksi mi jagung yang disubstitusi 10% HMT-corn flour mengacu pada penelitian Kusnandar *et al.* (2009). Mi jagung yang diproses dari tepung jagung kering saja digunakan sebagai kontrol. Campuran 90% tepung jagung kering dan 10% HMT-corn flour (total 1,000 g) dihomogenkan dengan menggunakan mixer (kapasitas 15 kg), kemudian dibagi dua, yaitu bagian I (700 g) dan bagian II (300 g). Ke dalam bagian I ditambahkan 1% guar gum dan 50% air yang mengandung 1% garam (persentase dihitung berdasarkan berat total tepung jagung). Setelah diaduk homogen, tepung bagian I ini dikukus dengan menggunakan mesin pengukus (90°C, 15 menit). Setelah pengukusan selesai, tepung bagian II dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam tepung bagian I yang telah dikukus sambil dilakukan proses pengadukan. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam grinder berulir untuk menghomogenkan dan membentuk adonan tepung jagung (proses ini dilakukan dengan pengulangan dua kali). Adonan kemudian dibentuk menjadi lembaran dengan menggunakan mesin sheeter (Bayoran Teknik). Proses pembentukan lembaran adonan dilakukan secara berulang-ulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh ketebalan lembaran adonan sekitar 1,2 mm. Adonan kemudian dipotong-potong menjadi untaian mi jagung menggunakan slitter (9 kg/jam). Mi jagung kemudian disusun di atas loyang, dipotong-potong dan dikukus

kembali (90°C, 20 menit). Mi jagung yang telah dikukus kemudian dikeringkan dalam pengering kabinet (tipe GmbH 6072 Germany) (60°C, 70 menit) sehingga diperoleh mi jagung dengan kadar air sekitar 14%.

Analisis komposisi kimia mi jagung

Analisis kimia yang dilakukan pada mi jagung yang disubstitusi dengan 10% HMT-corn flour meliputi, kadar protein dengan metode Kjeldahl (AOAC, 2012), kadar lemak metode Soxhlet (AOAC, 2012), kadar pati metode hidrolisis asam (AOAC, 2012), kandungan amilosa (Margareth, 2006), serta kadar amilopektin yang dihitung berdasarkan selisih kadar pati dan kadar amilosa. Selain itu juga dilakukan analisis kadar pati resisten (AOAC, 2012), kadar serat pangan (Rahayu, 2003) baik pada HMT-corn flour maupun pada mi jagung yang disubstitusi dengan 10% HMT-corn flour. Sebagai pembandingan digunakan tepung jagung kontrol atau mi jagung kontrol.

Analisis kadar pati resisten (AOAC, 2012)

Analisis kadar pati resisten dilakukan dengan mereaksikan pati dalam contoh dengan enzim α -amilase (Sigma, Switzerland), amiloglukosidase (Sigma, USA) dan pankreatin (Sigma, Germany), kemudian residu yang diperoleh dilarutkan dalam KOH. Kadar glukosa dalam larutan diukur dengan metode glukosa oksidase. Sampel setara 1 g pati ditambah dengan 25 mL bufer fosfat 0,08 M pH 6 kemudian 0,2 mL enzim α -amilase dan diinkubasi (95°C, 30 menit) sambil diaduk setiap 5 menit. Sampel didinginkan hingga suhu ruang, kemudian pH diatur hingga 6,8 dengan larutan NaOH (Merck, USA) dan ditambah dengan 125 μ L enzim pankreatin. Sampel diinkubasi (40°C, 60 menit), setelah itu didinginkan hingga suhu ruang. pH sampel diatur kembali hingga 4,5 dengan HCl (Merck, USA) kemudian ditambah dengan 400 μ L enzim amiloglukosidase dan diinkubasi (60°C, 30 menit). Sampel disaring, kemudian residu dicuci dengan akuades 2 kali dan aseton:alkohol (1:1) 2 kali. Filtrat dipisahkan, kemudian residu dicuci kembali dengan 100 mL KOH (Merck, USA) 2 M untuk melarutkan pati resisten. pH filtrat diatur dengan HCl, kemudian ditambah dengan 100 μ L enzim amiloglukosidase dan diinkubasi (60°C, 30 menit). Filtrat diambil 2 mL untuk analisa glukosa dengan metode glukosa oksidase yang menggunakan campuran enzim glukosa oksidase (Sigma, USA) (peroksidase sebanyak 40 mg, dan o-dianisidin sebanyak 40 mg) sebanyak 0,4 mL (1,000 unit/mL) dalam bufer asetat pH 5, Campuran tersebut dilarutkan dalam 100 mL bufer asetat pH 5. Sebagai standar digunakan larutan glukosa standar (2, 4, 6, 8 dan 10 mg/100 mL).

Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 540 nm. Kadar glukosa dihitung dengan menggunakan persamaan kurva baku dan kadar pati resisten dihitung dari kadar glukosa dikalikan 0,9.

Analisis kadar serat pangan metode enzimatis (Rahayu, 2003)

Pengukuran serat pangan dibagi menjadi tiga tahap yaitu persiapan sampel, pengukuran serat pangan tidak larut, dan pengukuran serat pangan larut. Persiapan sampel. Sampel bebas lemak ditimbang sebanyak 1 g (W) dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambah dengan larutan bufer. Sampel ditambah dengan 100 µL termamil lalu dipanaskan sambil ditutup dan diinkubasi (100°C, 15 menit) sambil sesekali diaduk. Sampel didinginkan kemudian ditambah dengan 20 mL akuades dan ditambah dengan HCl 4 M hingga pH 1,5. Sampel ditambah dengan 100 mg pepsin, lalu erlenmeyer ditutup dan ditempatkan pada suhu 40°C sambil diaduk selama 60 menit, kemudian sampel ditambah dengan 20 mL akuades dan pH diatur hingga 6,8 dengan cara ditambah larutan NaOH. Sampel ditambah dengan enzim pankreatin, lalu erlenmeyer ditutup dan diinkubasi pada suhu 40°C selama 60 menit sambil diaduk, kemudian sampel ditambah dengan HCl kembali hingga pH 4,5. Sampel disaring, kemudian endapan dicuci dengan 10 mL akuades sebanyak 2 kali.

Pengukuran serat pangan tidak larut. Residu hasil persiapan sampel dicuci dengan 10 mL etanol 95% sebanyak 2 kali, dan 10 mL aseton sebanyak dua kali. Residu dikeringkan pada suhu 105°C hingga diperoleh berat yang tetap, kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang (D1). Suspensi yang telah kering diabukan pada suhu 500°C selama 5 jam, didinginkan, dimasukkan dalam desikator dan ditimbang (L1). Analisis ini menggunakan blanko yang diperoleh dengan cara yang sama tetapi tanpa sampel atau dengan menggunakan akuades (B1). Persentase berat kering serat pangan tidak larut = $(D1-L1-B1)/W \times 100\%$.

Pengukuran serat pangan larut. Volume dari filtrat yang didapat dari persiapan sampel ditambah dengan akuades hingga 100 mL. Filtrat ditambah dengan etanol 95% pada suhu 60°C sebanyak 400 mL, kemudian diendapkan selama 1 jam. Filtrat disaring, kemudian dicuci dengan 10 mL etanol 95% dan 10 mL aseton sebanyak 2 kali. Sampel dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang (D2). Sampel yang telah kering diabukan pada suhu 500°C selama 5 jam, didinginkan, dimasukkan dalam desikator dan ditimbang (L2). Blanko yang diperoleh dengan cara yang sama tetapi tanpa sampel atau dengan menggunakan akuades (B2).

Persentase berat kering serat pangan larut = $(D1-L1-B2)/W \times 100\%$.

Evaluasi nilai biologis

Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi proses modifikasi terhadap daya cerna pati dan daya cerna protein HMT-corn flour dan mi jagung secara *in vitro*.

Analisis daya cerna pati secara enzimatis (Muchtadi, 1992)

Analisis daya cerna pati dilakukan dengan mereaksikan sampel yang mengandung 1 g pati dengan enzim α-amilase, sehingga terjadi konversi pati menjadi maltosa. Daya cerna pati diukur sebagai jumlah maltosa pada sampel dibagi dengan jumlah maltosa dari pati standar. Suspensi sampel dibuat sebanyak 1% berdasarkan kadar pati. Sampel dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit, kemudian didinginkan. Sampel dipipet sebanyak 2 mL ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambah dengan 3 mL akuades dan 5 mL bufer fosfat 0,1 M pH 7, diinkubasi pada suhu 37°C selama 15 menit. Sampel ditambah dengan 5 mL larutan α-amilase dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 15 menit. Sampel dipipet sebanyak 1 mL dan ditambah dengan 2 mL larutan asam dinitrosalisilat (DNS, *dinitrosalicylic acid*) kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 10 menit. Absorbansi dari warna jingga-merah yang terbentuk dari campuran pe-reaksi diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS (Shimadzu 1240) pada panjang gelombang 520 nm. Daya cerna pati dihitung sebagai persentase dari kadar maltosa dalam contoh terhadap kadar maltosa dalam pati.

Analisis daya cerna protein secara *in vitro* (Muchtadi, 1992)

Analisis daya cerna protein secara *in vitro* dilakukan dengan teknik multienzim, yaitu dengan menghidrolisis sampel menggunakan enzim tripsin, kimotripsin, dan peptidase sehingga ion-ion hidrogen terbebaskan dan menyebabkan penurunan pH. Sampel disuspensikan dalam akuades sampai diperoleh konsentrasi 6,25 mg protein/mL. Sebanyak 50 mL suspensi sampel ditempatkan pada gelas piala dan pH diatur menjadi 8 dengan menambahkan larutan NaOH atau HCl 0,1 N. Sampel diletakkan dalam penangas air bersuhu 37°C selama 5 menit sambil diaduk. Larutan multienzim sebanyak 5 mL ditambahkan ke dalam sampel, kemudian pH diukur setelah 10 menit. Nilai pH pada menit ke-10 dicatat untuk menghitung daya cerna protein sampel menggunakan persamaan regresi $Y = 210,464 - 18,103 X$, dengan Y adalah daya cerna protein dan X adalah pH suspensi sampel pada menit ke-10. Pengukuran pH dilakukan pada menit

ke-10 karena pH suspensi protein pada menit ke-10 setelah dihidrolisis dengan larutan multienzim berkolerasi baik ($R=0,9$) dengan daya cerna protein in vivo yang ditetapkan secara biologis menggunakan tikus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia HMT-corn flour

Komposisi kimia HMT-corn flour dibandingkan tepung jagung kontrol dapat dilihat pada Tabel 1. Tepung jagung mengandung karbohidrat tinggi (90,90%) yang sebagian besar terdiri dari pati (65,54%) dengan komponen utama berupa amilopektin (51,14%). Perlakuan pemanasan selama proses modifikasi HMT tidak mengubah komposisi kimia tepung jagung, termasuk kandungan pati, dan amilosa-amilopektin.

Tabel 1. Komposisi kimia mi kering jagung yang disubstitusi HMT-corn flour dibandingkan dengan mi jagung kontrol

Kandungan (% bk)	Mi Kering Jagung	
	HMT	Kontrol
Protein	7,31 ± 0,18 ^a	7,47 ± 0,06 ^a
Lemak	0,28 ± 0,02 ^a	0,22 ± 0,02 ^a
Karbohidrat	90,90 ± 0,19 ^a	90,82 ± 0,11 ^a
Pati	65,54 ± 1,33 ^a	64,41 ± 0,46 ^a
Amilosa	18,16 ± 0,11 ^a	17,48 ± 0,71 ^a
Amilopektin	51,14 ± 0,68 ^a	51,79 ± 0,36 ^a

Keterangan: Angka pada baris yang sama, diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata pada uji t ($\alpha = 0,05$)

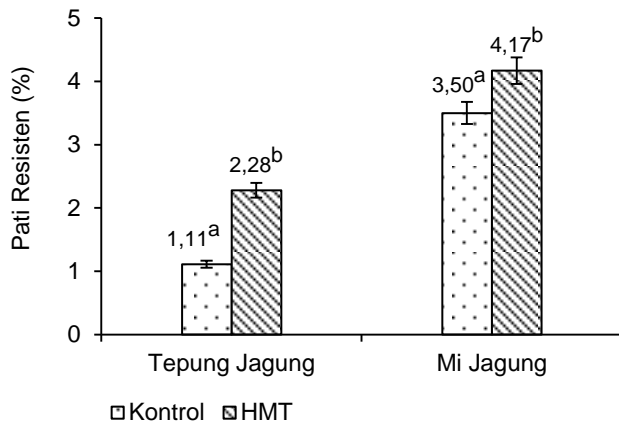
Kandungan pati resisten

Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan di dalam usus kecil manusia sehat. Ditinjau dari aspek kesehatan, pati resisten dapat dimanfaatkan oleh penderita diabetes mellitus karena menyebabkan laju hidrolisis pati yang rendah di dalam sistem pencernaan. Gambar 1 memperlihatkan pengaruh modifikasi *Heat Moisture Treatment* terhadap kandungan pati resisten, baik pada HMT-corn flour maupun pada mi jagung yang disubstitusi dengan 10% HMT-corn flour. Kandungan pati resisten dalam HMT-corn flour lebih tinggi (2,28%) daripada kontrol (1,11%). Demikian juga substitusi 10% HMT-corn flour dalam formula mi jagung menyebabkan peningkatan pati resisten dari 3,5% menjadi 4,17%. Uji t menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha=0,05$) baik pada HMT-corn flour maupun mi jagung. Dengan demikian, proses *Heat Moisture Treatment* secara nyata meningkatkan kandungan pati resisten, baik pada HMT-corn flour maupun pada mi yang disubstitusi dengan 10% HMT-corn flour. Hasil tersebut sesuai dengan yang dilaporkan oleh Shin *et al.* (2004)

bahwa terdapat peningkatan pati resisten yang terbentuk pada umbi-umbian akibat proses hidrolisis parsial dan perlakuan HMT. Peningkatan kadar pati resisten disebabkan oleh pengaruh proses yang menyebabkan terbentuknya ikatan baru yang lebih kompleks antar amilosa, amilosa dengan amilopektin, amilosa dengan lemak, dan amilosa dengan protein. Menurut Marsono *et al.* (2007), ikatan kompleks pati dengan protein bersifat tidak larut dan lebih sulit untuk dicerna oleh enzim pencernaan. Pembentukan ikatan kompleks tersebut menyebabkan bertambahnya bagian kristalin atau struktur yang lebih kuat dan rapat sehingga sulit dicerna oleh enzim pencernaan.

Pati resisten merupakan komponen yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia. Ketika dikonsumsi, pati resisten masuk ke usus besar dan dapat digunakan sebagai substrat oleh mikroflora usus sehingga dapat berperan sebagai prebiotik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi pati resisten dapat meningkatkan jumlah mikroflora usus yang berperan positif bagi tubuh, diantaranya adalah *Lactobacilli* dan *Bifidobacteria*. Jumlah mikroflora tinggi berperan positif bagi kesehatan tubuh karena dapat menurunkan pH kolon sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroflora maupun pembentukan senyawa toksik dalam tubuh. Keberadaan mikroflora tersebut juga dapat menyebabkan peningkatan proses fermentasi dalam kolon dan dapat mempengaruhi peningkatan masa feses dan ekstraksi asam lemak rantai pendek (seperti asam butirrat), serta pengasaman atau pengkondisian kolon pada pH rendah (Fuentes-Zaragoza, 2011). Namun demikian, pada tingkat konsumsi yang tinggi atau pada saat pertama kali dikonsumsi, hasil metabolisme pati resisten dapat menghasilkan oligosakarida yang diduga dapat menimbulkan flatulensi. Oligosakarida penyebab flatulensi yang telah banyak dipelajari adalah oligosakarida kedelai (rafinosa, verbaskosa dan stakiosa).

Jumlah konsumsi pati resisten agar berpotensi sebagai substrat pertumbuhan mikroflora usus adalah 8-40 g per hari (Topping *et al.*, 2003). Berdasarkan hal tersebut, maka konsumsi mi jagung tersubstitusi 10% HMT-corn flour sebesar 191 g dapat berperan sebagai sumber prebiotik (dengan asumsi bahwa mi kering jagung HMT merupakan makanan sumber prebiotik tunggal yang dikonsumsi). Mi kering jagung diposisikan sama dengan mi kering telur yang telah ada di pasar. Untuk menjadi mi siap santap, misalnya mi goreng atau mi kuah, tentunya masih diperlukan pengolahan lagi. Dengan demikian, masih diperlukan kajian tentang manfaat pati resisten sebagai substrat pertumbuhan mikroflora usus setelah pengolahan mi kering jagung HMT menjadi mi siap santap.



Gambar 1. Kandungan pati resisten HMT-corn flour dan mi kering jagung yang disubstitusi 10% HMT-corn flour. Kontrol perlakuan digunakan tepung jagung tanpa diproses Heat Moisture Treatment atau mi jagung tanpa HMT-corn flour

Keterangan: Angka pada sampel yang sama (tepung atau mi kering) dan diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata pada uji t ($\alpha=0,05$)

Kandungan serat pangan

Kandungan serat pangan dari HMT-corn flour dan mi jagung mengandung 10% HMT-corn flour dibandingkan kontrol dapat dilihat pada Tabel 2. HMT-corn flour dan mi kering jagung tersubstitusi HMT-corn flour memiliki kandungan serat tidak larut dan total serat pangan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Peningkatan serat tidak larut mengindikasikan terjadi peningkatan pati resisten pada HMT-corn flour, karena pati resisten dapat terukur sebagai serat pangan yang tidak larut. Demikian juga kenaikan jumlah total serat pangan pada HMT-corn flour disebabkan oleh peningkatan serat pangan tidak larut.

Peningkatan kadar serat tidak larut pada HMT-corn flour berpengaruh terhadap peningkatan kadar serat pangan tidak larut pada produk mi kering jagung tersubstitusi (Tabel 2). Peningkatan kadar serat pada mi jagung tersubstitusi kemungkinan dapat disebabkan oleh penggunaan guar gum yang digunakan dalam formulasi mi jagung. Guar gum merupakan salah satu serat larut air yang secara umum lebih mudah difermentasi oleh bakteri kolon jika dibandingkan dengan serat tidak larut air. Menurut Slavin (2013) guar gum dapat meningkatkan pertumbuhan *Bifidobacteria* pada kolon dan *Lactobacilli* pada usus yang bermanfaat untuk kesehatan. Namun demikian, pengaruh guar gum terhadap peningkatan kadar serat dianggap tidak signifikan karena hanya sebesar 0,7% dari berat

tepung jagung. Sebagai perbandingan, mi terigu komersial mengandung serat pangan larut, serat tidak larut, dan serat total secara berturut-turut adalah 1,6; 3,2; dan 4,5% (Lestari, 2006). Berdasarkan data tersebut, maka baik mi kering jagung kontrol maupun mi kering HMT-corn flour memiliki kandungan serat pangan larut, tidak larut, maupun total serat yang lebih tinggi dibandingkan mi kering terigu komersial.

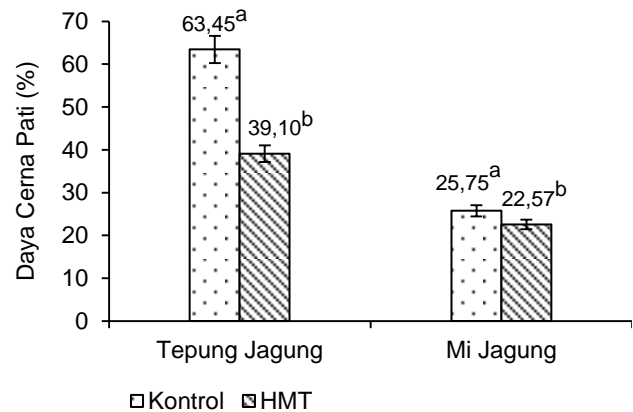
Tabel 2. Kandungan serat pangan pada tepung jagung HMT dan mi jagung 10% HMT dibandingkan dengan tepung jagung dan mi jagung kontrol (tanpa HMT)

Serat Pangan	Tepung Jagung		Mi Kering Jagung	
	Kontrol	HMT	Kontrol	HMT
Larut (% bk)	0,42 ± 0,11 ^a	0,40 ± 0,05 ^a	2,28 ± 0,06 ^a	2,50 ± 0,51 ^a
Tidak larut (% bk)	1,58 ± 0,10 ^b	1,94 ± 0,04 ^a	4,59 ± 0,06 ^b	5,26 ± 0,14 ^a
Total (% bk)	2,00 ± 0,15 ^b	2,34 ± 0,08 ^a	6,87 ± 0,00 ^b	7,76 ± 0,37 ^a

Keterangan: Angka pada sampel yang sama (tepung atau mi kering) dan diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata pada uji t ($\alpha=0,05$)

Daya cerna pati

Daya cerna pati dalam HMT-corn flour dan mi kering jagung yang disubstitusi HMT-corn flour dibandingkan kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.



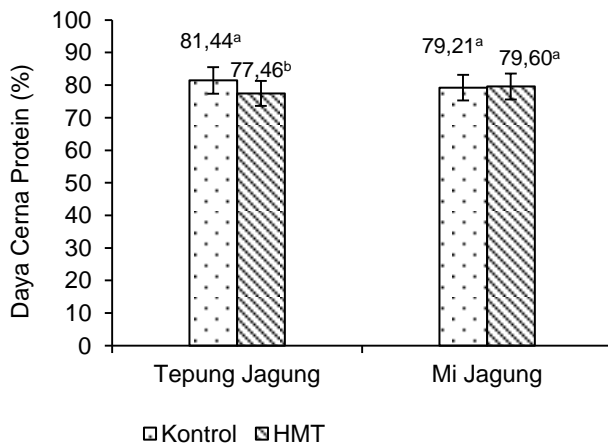
Gambar 2. Daya cerna pati HMT-corn flour dan mi kering jagung yang disubstitusi 10% HMT-corn flour. Kontrol perlakuan digunakan tepung jagung tanpa Heat Moisture Treatment atau mi jagung tanpa substitusi HMT-corn flour

Keterangan: Angka pada sampel yang sama (tepung atau mi kering) dan diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata pada uji t ($\alpha=0,05$)

Tepung jagung mengalami penurunan daya cerna pati setelah dimodifikasi, yaitu dari 63,45% menjadi 39,10%. Substitusi HMT-corn flour juga menurunkan daya cerna pati dari 25,76% menjadi 22,57%. Uji t menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha=0,05$) antara HMT-corn flour dan mi kering jagung tersubstitusi HMT-corn flour. Hal ini sesuai dengan data peningkatan kadar pati resisten HMT-corn flour dan mi jagung tersubstitusi HMT-corn flour (Gambar 1).

Daya cerna protein

Daya cerna protein tepung jagung kontrol dan HMT-corn flour serta mi jagung kontrol dan tersubstitusi HMT-corn flour dapat dilihat pada Gambar 3. Daya cerna protein tepung jagung menurun secara nyata ($\alpha=0,05$) dari 81,44% menjadi 77,46% setelah proses modifikasi *Heat Moisture Treatment*, sedangkan daya cerna protein pada mi jagung kontrol dan tersubstitusi HMT-corn flour tidak ada perubahan. Penurunan daya cerna protein pada tepung jagung dapat disebabkan oleh terjadi reaksi Maillard yang dipicu oleh pemanasan selama proses modifikasi ataupun pengeringan. Interaksi antara gula pereduksi dengan protein dalam HMT-corn flour dapat menyebabkan tertutupnya sisi aktif pada protein yang dapat diserang enzim pencernaan, sehingga daya cerna protein menurun.



Gambar 3. Daya cerna protein HMT-corn flour dan mi kering jagung yang disubstitusi 10% HMT-corn flour. Kontrol perlakuan digunakan tepung jagung tanpa *Heat Moisture Treatment* atau mi jagung tanpa substitusi HMT-corn flour

Keterangan: Angka pada sampel yang sama (tepung atau mi kering) dan diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata pada uji t ($\alpha=0,05$)

Komposisi kimia tepung jagung kontrol dan HMT-corn flour tidak mengalami perubahan, dengan kandungan utama berupa karbohidrat yang terdiri dari pati sebesar 65,54%. Penggunaan 10% HMT-corn flour dalam formulasi mi jagung dapat meningkatkan kadar pati resisten, total serat, dan serat pangan tidak larut, jika dibandingkan mi jagung kontrol. Secara umum, peningkatan kadar pati resisten dan serat pangan tidak larut dapat menurunkan daya cerna pati. Hal tersebut sejalan dengan penurunan daya cerna pati mi jagung yang disubstitusi dengan 10% HMT-corn flour dibandingkan dengan kontrol. Jika ditinjau dari aspek kesehatan, pati resisten dan serat pangan tidak larut dapat bermanfaat bagi penderita diabetes mellitus karena menurunkan laju pencernaan pati.

KESIMPULAN

Modifikasi fisik tepung jagung dengan teknik *Heat Moisture Treatment* pada kondisi pemanasan 110°C selama 6 jam pada kadar air terkontrol 24% menyebabkan perubahan nilai biologis tepung jagung modifikasi yang dihasilkan, yaitu peningkatan kadar pati resisten dan kadar serat pangan, serta penurunan daya cerna pati dan daya cerna protein dari HMT-corn flour dibandingkan tepung jagung kontrol. Penggunaan 10% HMT-corn flour dalam formulasi mi jagung juga menyebabkan peningkatan kadar pati resisten, serat pangan tidak larut, tetapi juga penurunan daya cerna pati dibandingkan mi jagung kontrol. Dengan demikian, mi jagung yang dibuat dengan penambahan 10% HMT-corn flour dapat bermanfaat bagi kesehatan, terutama untuk pencegahan penyakit diabetes mellitus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Pengelola Program Riset Unggulan Strategis Nasional (RUSNAS) Diversifikasi Pangan Pokok, Kementerian Negara Riset dan Teknologi, yang telah membantu pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2012. Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- Chung HJ, Liu Q, Hoover R. 2009. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and

- gelatinized corn, pea and lentil starches. *J Carbohydr Polym* 75: 436–447. DOI: 10.1016/j.carbpol.2008.08.006.
- Collado LS, Corke H. 1999. Heat moisture treatment effects on sweet potato starches differing in amylose content. *J Food Chem* 65: 339-346. DOI: 10.1016/S0308-8146(98)00228-3.
- Fuentes-Zaragoza E, Zapata ES, Sendra E, Sayas E, Navarro C, Juana Fernandez-Lopez J, Perez-Alvarez JA. 2011. Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch* 63: 406–415. DOI 10.1002/star.201000099.
- Kusnandar F, Palupi NS, Lestari OA, Widowati S. 2009. Karakterisasi tepung jagung termodifikasi heat moisture treatment (HMT) dan pengaruhnya terhadap mutu pemasakan dan sensori mi jagung kering. *J Pascapanen* 6: 76-84.
- Lee CJ, Kim Y, Chuoi SJ, Moon TW. 2012. Slowly digestible starch from heat-moisture treated waxy potato starch: Preparation, structural characteristics, and glucose response in mice. *J Food Chem* 133: 1222–1229. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.09.098.
- Lestari OA. 2006. Pengaruh Konsentrasi Substitusi Tepung Terigu dengan Tepung Rumput Laut dan Jenis Rumput Laut Terhadap Kandungan Serat Pangan dan Iodium Mi Kering. [Skripsi]. Universitas Pelita Harapan. Karawaci, Tangerang.
- Margareth J. 2006. Evaluasi Mutu Gizi dan Indeks Glikemik Produk Olahan Goreng Berbahan Dasar Tepung Ubi Jalar. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Marsono Y, Murdiati A, Mahardika MSP. 2007. Penentuan Indeks Glikemik Berbagai Varietas Jagung dan Produk Olahan Jagung. Laporan Penelitian. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Muchtadi D. 1992. Evaluasi Nilai Gizi Pangan. Hlm 48-49. PAU Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Muhandri T, Subarna. 2009. Pengaruh kadar air, NaCl dan jumlah *passing* terhadap karakteristik reologi mi jagung. *J Teknol Industri Pangan* 20: 69-75.
- Muhandri T, Ahza AB, Syarief R, Sutrisno. 2011. Optimasi proses ekstrusi mi jagung dengan metode permukaan respon. *J Teknol Industri Pangan* 22: 97-104.
- Muhandri T, Subarna, Palupi NS. 2013. Karakteristik mi basah jagung akibat pengaruh laju pengumpanan dan penambahan guar gum. *J Teknol Industri Pangan* 24: 110-114.
- Palupi NS, Kusnandar F, Adawiyah DR, Syah D. 2010. Penentuan umur simpan dan pengembangan model diseminasi dalam rangka percepatan adopsi teknologi mi jagung bagi UKM. *J Manajemen Industri Kecil Menengah* 5: 42-52.
- Putra SN. 2008. Optimalisasi Formula dan Proses Pembuatan Mi Jagung dengan Metode Kalendering. [Skripsi]. Fateta. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rahayu R. 2003. Penambahan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) untuk Memperkaya Iodium dan Serat Pangan Makanan Jajanan. [Skripsi]. Fateta Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Shin S, Byun J, Kwan H, Park, Moon TW. 2004. Effect of partial acid hydrolysis and heat moisture treatment on formation of resistant tuber starch. *Cer Chem* 81: 194-198. DOI: 10.1094/CCHEM.2004.81.2.194.
- Slavin J. 2013. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrient* 5: 1417-1435. DOI: 10.3390/nu5041417.
- Subarna, Muhandri T, Nurtama B, Fierliyanti AS. 2012. Peningkatan mutu mi kering jagung dengan penerapan kondisi optimum proses dan penambahan monogliserida. *J Teknol Industri Pangan* 23: 146-152.
- Syamsir E, Hariyadi P, Fardiaz D, Andarwulan N, Kusnandar F. 2012. Pengaruh proses *heat-moisture treatment* (HMT) terhadap karakteristik fisikokimia pati. *J Teknol Industri Pangan* 23: 100-106.
- Topping DL, Fukushima M, Bird AR. 2003. Resistant starch as prebiotic and synbiotic: state of the art. *Proceeding Nutr Soc* 62: 171-176. DOI: 10.1079/PNS2002224.