

PATI GANYONG (*Canna edulis* Ker.) TERMODIFIKASI HMT : SIFAT PASTA PATI DAN APLIKASI DALAM FORMULASI MI KERING

Winda Haliza, Widayanti, Widaningrum dan Ridwan Thahir

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapenen Pertanian,
Jl. Tentara Pelajar 12, Cimanggu, Bogor 11664
e-mail : haliza_w@yahoo.com

Pati ganyong diberi perlakuan *heat moisture treatment* (HMT) dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas mi kering. HMT pati ganyong yang dicobakan pada kadar air 20%, suhu 110°C selama 8 jam memberikan perubahan pada profil *Rapid Visco Analysis* (RVA) pasta pati dengan meningkatkan suhu gelatinisasi, tidak ada puncak viskositas, tidak ada viskositas breakdown, setback viskositas lebih rendah dan viskositas yang stabil selama pemanasan dibandingkan pati ganyong alami. Pati ganyong termodifikasi HMT, tepung kacang tunggak dan tepung terigu, diformulasikan untuk pembuatan mi kering menggunakan metode *mixture d-optimal* desain dari *Response Surface Methodology* (RSM). Formula mi kering hasil optimasi terdiri dari campuran 50% terigu, 32,28% tepung kacang tunggak dan 17,72% pati ganyong termodifikasi. Formula ini merupakan formula terpilih mi kering dengan karakteristik fisik sebagai berikut : susut masak 9,13%, waktu masak 9,75%, berat rehidrasi 207,9%, elongasi 24,75%, tension 27,7 gf, kekerasan 1275 gf, adhesiveness 0,09 dan elastisitas 0,71 gs. Karakteristik mi kering yang diperoleh memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2974-1992), bahkan untuk kandungan protein mi kering memiliki nilai lebih tinggi dari yang disyaratkan SNI.

Kata Kunci : pati ganyong, *heat moisture treatment* (HMT), formula mi kering

ABSTRACT. Winda Haliza, Widayanti, Ridwan Thahir and Widaningrum. 2011. *Heat moisture treatment of canna starch: pasting properties and application to dry noodle formulation.* Hydrothermal treated canna starch was prepared by heat moisture treatment (HMT). This treatment was aimed at improving of dried noodle quality. HMT was applied to canna starch with 20 g/100g moisture at 110°C for 8 h. Pasting properties of HMT canna starch showed a higher gelatinization temperature, lower viscosity setback, more heat stable than those of the native canna starch. Results from response Surface Methodology suggested that the optimum formula for the developed dry noodles was 50% of wheat flour, 32.28% of cowpea flour and 17.72% of HMT canna starch. This formula produced dried noodles with cooking loss 9.13%, cooking time 9.75%, rehydration weight 207.9%, elongation 24.75%, tensile strength 27.7 gf, hardness 1275 gf, adhesiveness 0.09, and elasticity 0.71 gs. Protein content of the developed dry noodles 18.87% was higher than that Indonesia National Standard.

Key word: canna starch, heat moisture treatment (HMT), dry noodle formula

PENDAHULUAN

Perkembangan sosial budaya telah menumbuhkan diversifikasi pangan utama dari nasi ke bentuk mi dan roti. Perkembangan ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan terigu di Indonesia. Peningkatan ini akan semakin tinggi lagi, mengingat semakin bertambahnya jumlah penduduk Indonesia yang tidak diimbangi dengan pemenuhan kebutuhan nasional akan komoditas gandum (terigu) sebagai bahan baku utama. Menurut data dari BPS¹, impor terigu Indonesia mencapai 4 juta ton pada tahun 2006 yang menyerap devisa negara sebesar US \$ 1,3 juta dan jumlahnya meningkat menjadi 5,7 juta ton pada tahun 2008 dengan menyerap devisa negara sebesar US \$ 1,8 juta.

Padahal sumber daya alam Indonesia kaya akan berbagai sereal, umbi-umbian, dan kacang-kacangan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan mi atau roti. Beberapa penelitian telah mengungkapkan potensi komoditas pangan tersebut dapat digunakan sebagai pengganti atau sebagai substitusi tepung terigu dalam pembuatan mi, roti, *cookies*, dan sejenisnya.

Ganyong dan kacang tunggak telah dimanfaatkan sebagai bahan pangan di beberapa daerah di Indonesia, walau masih sedikit variasi pemanfaatannya. Kedua komoditas tersebut lazim dikonsumsi dengan cara direbus dan terkadang juga disayur sebagai bahan makanan campuran atau dibuat pati. Pati ganyong dan kacang tunggak dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan mi. Di beberapa daerah pati ganyong dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan mi transparan, dikenal dengan nama "minyong". Produk ini diproduksi dalam skala rumah tangga dan juga telah dikomersialisasikan pada daerah setempat. Sedangkan pati kacang tunggak, menurut Saifudin² dapat dibuat menjadi sohon dan telah memenuhi syarat yang ditetapkan SII 1982.

Ditinjau dari segi nutrisi, komposisi kimia dan sifat fungsional, tepung dan pati dari ganyong dan kacang tunggak dapat dimanfaatkan sebagai tepung komposit atau campuran dalam pembuatan produk pangan. Pati ganyong memiliki kadar karbohidrat yang tinggi (61,6%), kaya akan mineral terutama kalsium dan fosfor³. Kombinasi dengan tepung kacang tunggak menjadi tepung komposit dapat melengkapi gizi dalam produk. Komoditi kacang-kacangan biasanya memiliki kandungan protein cukup

tinggi. Kacang tunggak memiliki protein sekitar 22,9% sehingga secara tidak langsung dapat melengkapi gizi produk³. Selain itu tepung kacang tunggak mengandung asam folat yang lebih tinggi, zat antinutrisi dan faktor produksi flatulensi yang lebih rendah daripada tepung kacang kedelai⁴. Kandungan karbohidrat kacang tunggak juga cukup tinggi (56,6%) sehingga cocok untuk dijadikan bahan baku pangan sebagai sumber kalori.

Kelemahan produk mi yang menggunakan tepung berbasis non terigu adalah kurangnya kualitas tekstur dan elastisitas, tingginya kehilangan padatan selama pemasakan (KPAP) dan kelengketan⁶. Hal ini terkait dengan ketiadaan protein gluten dan profil gelatinisasi pati.

Menurut Piyachomkwan et al.⁶, pati ganyong alami yang berasal dari Thailand (thai-purple dan thai green cultivar), Vietnam, Japan (japanese green cultivar), China (china purple cultivar) memiliki karakter profil gelatinisasi pati berada antara tipe B (*moderate swelling*) dan C (*restricted swelling*). Chansri et al.⁷, mengungkapkan bahwa pati ganyong sulit untuk digolongkan secara spesifik kedalam tipe B atau C, karena pola pasta pati tergelatinisasi berada diantara kedua tipe tersebut. Karakter pasta pati dari berbagai kultivar ganyong di atas hampir mirip, yaitu memiliki viskositas tinggi, tidak memiliki viskositas *breakdown*, relatif stabil saat pengadukan dan pemanasan, dan viskositas *setback* yang tinggi. Pati ganyong dari Vietnam, memiliki puncak viskositas dan viskositas *breakdown* rendah, serta viskositas akhir dan *setback* yang tinggi. Pati ganyong asal Indonesia memiliki karakter yang hampir sama dengan kultivar ganyong luar negeri. Damayanti⁸, mengungkapkan pati ganyong varietas Karang Gayam dan Leuwi Damar memiliki viskositas tinggi, tidak punya puncak viskositas dan *breakdown*, sedangkan varietas Ciamis dan Kebumen memiliki viskositas tinggi, punya puncak viskositas dan *breakdown*.

Aplikasi pati ganyong dalam pembuatan mi transparan menghasilkan mi dengan kualitas pemasakan yang baik. Hal ini berkaitan dengan sifat pasta pati ganyong tersebut. Namun, untuk aplikasi pada pembuatan mi kering sebagai pensubstitusi terigu belum pernah dilaporkan. Sejauh mana, peranan karakter pasta pati ganyong dalam pembuatan mi kering terigu serta pengaruh substitusi tepung kacang tunggak juga belum pernah diuji. Namun, berkurangnya protein gluten, memerlukan modifikasi proses tertentu dalam pembentukan adonan. Tahapan pregelatinisasi pada pati dibutuhkan sebelum adonan dibentuk lembaran atau untaian. Hal ini disebabkan karena pati tergelatinisasi berperan sebagai pengikat adonan (*binder*).

Pemikiran lebih lanjut adalah melakukan modifikasi pati ganyong untuk meningkatkan kualitas mi. Bagaimana pun, pola gelatinisasi pasta pati ganyong sulit untuk diklasifikasikan secara spesifik kedalam tipe B dan C. Profil pati yang sesuai dalam pembuatan mi adalah pati yang memiliki profil gelatinisasi mendekati tipe C, yang viskositasnya cenderung stabil atau menaik saat pemanasan ataupun pendinginan, tidak memiliki puncak viskositas, dan mengalami pengembangan terbatas⁹.

Diantara teknik modifikasi yang dapat diaplikasikan pada pati adalah teknik *heat moisture treatment* (HMT). Beberapa laporan menunjukkan bahwa teknik tersebut dapat memperbaiki kualitas mi, karena pati cenderung cepat mengalami retrogradasi disebabkan nilai viskositas akhir atau rasio viskositas akhir dengan puncak viskositas yang tinggi. Menurut Collado et al.⁹, hal ini sangat berpengaruh terhadap kekerasan mi dan mengurangi kelengketan mi.

Hoover dan Vasanthan¹⁰ melaporkan bahwa modifikasi HMT dapat meningkatkan suhu gelatinisasi dan mengurangi proses *leaching* amilosa. Berkurangnya *leaching amilosa* ini akan mengurangi kehilangan padatan akibat pemasakan (KPAP) pada produk mi. Selain itu metode HMT mempengaruhi penyusunan kembali molekul pati antara amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin, dan memperkuat ikatan dalam pati^{11,12}.

Formulasi mi kering menggunakan pati ganyong dan tepung kacang tunggak sebagai pensubstitusi dapat dilakukan dengan menggunakan metode respon permukaan (RSM). RSM (*Response Surface Method*) merupakan metode analisis regresi yang digunakan untuk memprediksi nilai dari variabel respon berdasarkan variabel eksperimental terkontrol^{13,14}. RSM biasa digunakan dalam mengembangkan, meningkatkan atau mengoptimalkan kualitas proses atau produk^{15,16}. Metode ini memiliki keunggulan yaitu menggunakan unit percobaan yang lebih sedikit dibandingkan dengan rancangan lainnya. Namun, dapat menginterpretasikan variabel respon sekaligus dan dalam jumlah yang banyak.

Formulasi mi kering dalam penelitian ini menggunakan terigu dalam jumlah terbatas dengan tujuan mencari persentase pati ganyong dan tepung kacang tunggak optimal yang dapat digunakan sebagai pensubstitusi terigu dalam pembuatan mi kering.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Penelitian dilakukan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian pada bulan Maret 2009 sampai Desember 2010. Bahan utama yang digunakan adalah pati ganyong diperoleh dari Kabupaten

Ciamis Jawa Barat, kacang tunggak diperoleh dari Kabupaten Gunung Kidul Yogyakarta, dan terigu diperoleh dari pasar Bogor Jawa Barat. Proses pembuatan tepung meliputi sortasi kacang, perendaman biji kacang selama 7 jam, penirisan yang dilanjutkan dengan pengeringan biji kacang dibawah panas matahari sampai biji kering (2 hari), penyosohan kulit kacang, penepungan, pengayakan tepung 100 mesh. Peralatan utama yang digunakan unit pembuatan mi, unit pembuatan tepung, *molen dryer*, *cabinet dryer*. Peralatan analisis yaitu tekstur analyzer, *Rapid Visco Analyzer* (RVA), mikroskop polarimeter, *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

B. Metode

1. Modifikasi Pati Ganyong dengan teknik HMT

Pati ganyong digunakan dalam formula mi kering merupakan pati ganyong yang diberi perlakuan HMT (*Heat Moisture Treatment*) mengacu metode Collado *et al.*¹⁷ yang dimodifikasi, yaitu mempertahankan kadar air pati ganyong sekitar 20% selama pemanasan 8 jam pada suhu 110°C.

Pati ganyong 2 kg disemprotkan air sedikit demi sedikit disertai pengadukan supaya homogen. Untuk menghasilkan kadar air bahan 20% dari kadar air awal bahan 13,8% dibutuhkan penyemprotan air sebanyak 20 ml air per 100 g pati ganyong. Pati ganyong yang sudah dilembabkan kemudian diletakkan dalam loyang tertutup dan dimasukkan kedalam refrigerator 4°C selama 24 jam. Selanjutnya pati ganyong diberi perlakuan pemanasan pada suhu 110°C menggunakan alat *molen dryer* selama 8 jam. Setelah perlakuan, suhu pemanasan diturunkan 50°C selama 4 jam. Pati ganyong kemudian dihaluskan kembali kemudian diayak 100 mesh. Analisis yang dilakukan pada pati ganyong meliputi analisis profil

gelatinisasi pati, sifat *birefringence*, profil termal pelelehan kristal pati dan SEM.

2. Formulasi mi kering

Formulasi bahan baku menggunakan metode respon permukaan dengan rancangan campuran (*Mixture D-Optimal Design*) dibantu software *Stat Ease Design Expert* (DX 7.1.6 trial version). Rancangan ini digunakan karena komposisi tiap bahan baku dipengaruhi oleh komposisi bahan baku lainnya. Apabila persentase satu komponen ditambahkan maka persentase komposisi lainnya harus dikurangi. Jumlah titik formula ditetapkan dengan rumus $2^q - 1$, dimana q mewakili jumlah variabel (X). Ada tiga variabel X yang diuji, yaitu tepung terigu (X1), pati ganyong HMT (X2), dan tepung kacang tunggak (X3). Komposisi minimal masing-masing bahan baku adalah 10%, sedangkan komposisi maksimum adalah 50%. Unit percobaan (formula) yang diperoleh sebanyak 16 unit percobaan (Tabel 1).

3. Proses pembuatan mi kering

Proses pembuatan mi kering dari pati ganyong HMT dan tepung kacang tunggak mengacu pada metode Purwani *et al.*⁵ yang dimodifikasi. Tahap pembuatan mi diawali dengan penimbangan tepung sesuai komposisi yang tertera pada Tabel 1. Sebagian pati dipisahkan sebanyak 10% (b/b) lalu tambahkan air 50% (b/b), Sodium tripolyphosphate 0,6% (b/b) dan garam 1% (b/b) dimasak sampai membentuk gel. Selanjutnya dilakukan proses pencampuran dengan sisa pati, tepung terigu, tepung kacang tunggak, lalu diaduk dengan mixer sampai adonan kalis. Adonan kemudian dicetak dengan pencetak mi dengan metode ekstrusi. Untaian mi selanjutnya dipotong sesuai keinginan lalu dikukus dengan pengukus pada 100°C selama 15 menit. Untaian mi dikeringkan dengan *cabinet dryer* pada 50°C selama 5 jam atau sampai kadar air mi dibawah 10%.

Tabel 1. Persentase komposisi bahan baku hasil formulasi menggunakan *Mixture D-Optimal Design*

Table 1. Percentage composition of the raw material formulation results using a *Mixture of D-Optimal Design*

Formula/ Formulation	Tepung terigu / Wheat flour (%)	Pati Ganyong termodifikasi/ Modified Canna starch (%)	Tepung kacang tunggak/ Cowpea flour (%)
1	50	10	40
2	40	50	10
3	50	25	25
4	10	50	40
5	25	25	50
6	50	10	40
7	50	40	10
8	40	50	10
9	21,67	41,67	36,67
10	41,67	36,67	21,67
11	25	25	50
12	50	40	10
13	33,33	33,33	33,33
14	25	50	25
15	41,67	21,67	36,67
16	10	50	40

4. Karakterisasi mi kering

Karakterisasi sifat fisik produk meliputi tekstur (kekerasan, kelengketan dan elastisitas), waktu pemasakan (*cooking time*), berat rehidrasi (*rehydration weight*), susut masak (*cooking loss*), tensile strength dan elongasi (Codex Stan 249-2006). Analisis kimia yang dilakukan antara analisis kadar air, protein, lemak, abu, karbohidrat dan daya cerna pati mi kering¹⁸.

5. Optimasi formula

Teknik optimasi formula dengan menggunakan *mixture D-optimal design* diaplikasikan terhadap respon yang diperoleh dari formulasi mi kering. Model matematika ditetapkan dengan bantuan perangkat lunak *Design Expert 7.1.6 (trial version)* dari *Stat Ease*. Pengulangan dua kali dilakukan untuk semua kombinasi perlakuan. Seluruh percobaan dilakukan dengan acak untuk meminimumkan bias. Analisis statistik yang dilakukan adalah analisis pemilihan model, analisis ragam dan analisis optimasi dengan penentuan nilai *desirability*. Analisis pemilihan model berdasarkan *sequential model sum of square*, uji simpangan model dan ringkasan model secara statistik. Model yang dievaluasi meliputi model linier, interaksi (2FI), kuadrat, spesial kubik dan kubik. Model terpilih apabila nilai $p < 0,05$ (signifikan). Bila terdapat lebih dari satu model yang signifikan untuk suatu respon, maka model dengan polinomial (pangkat) lebih tinggi yang dipilih. Analisis ragam (ANOVA) diterapkan untuk menentukan pengaruh bahan yang dicampurkan terhadap setiap respon. Nilai optimum ditentukan dari nilai *desirability* paling tinggi artinya formula dengan nilai *desirability* tertinggi dianggap sebagai formula optimum. Optimasi formula akan menampilkan nilai prediksi untuk setiap respon.

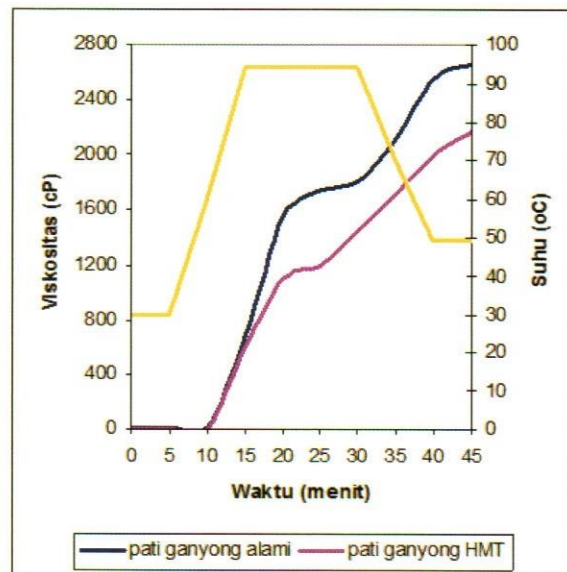
6. Validasi formula optimum

Validasi dilakukan terhadap formula optimum untuk mengetahui ketepatan model. Mi disiapkan dengan formula optimum kemudian dianalisis sifat fisik dan kimia seperti uraian sebelumnya. Nilai yang diperoleh dikategorikan sebagai nilai aktual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Profil Pati Ganyong

Profil gelatinisasi pati ganyong sebelum dan setelah proses modifikasi dapat dilihat pada Gambar 1. Suhu gelatinisasi yang dihasilkan dari pati ganyong tanpa HMT berbeda nyata dengan pati ganyong HMT. Pati ganyong termodifikasi HMT memiliki suhu gelatinisasi berkisar 10% lebih tinggi ($64,4^{\circ}\text{C}$ menjadi $70,7^{\circ}\text{C}$) dari pati ganyong tanpa HMT. Peningkatan suhu gelatinisasi ini disebabkan karena proses HMT menyebabkan



Gambar 1. Profil pati ganyong alami dan pati ganyong HMT perlakuan suhu 11°C , 8 jam dan kadar air 20%

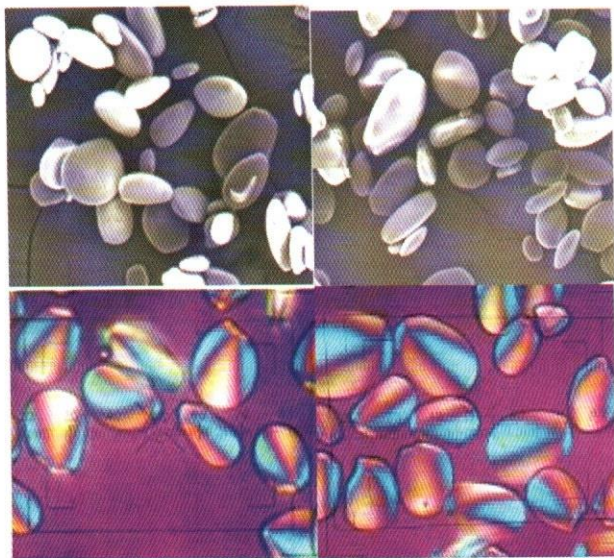
Figure 1. Native canna starch profile and HMT modified canna starch (at 11°C , 8 hours treatment and moisture content of 20 %)

rekristalisasi komponen granula pati sehingga pati ganyong tersebut menjadi lebih tahan terhadap panas dan membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk menggelatinisasi^{19,20,21,22}.

Kestabilan suspensi pati ganyong selama pemanasan dan pengadukan ini dapat dilihat dari nilai viskositas *breakdown* (BDV). Hasil penelitian menunjukkan pati ganyong tidak memiliki BDV. Modifikasi menunjukkan bahwa pati ganyong HMT lebih stabil terhadap perlakuan panas dan pengadukan dibanding pati ganyong tanpa HMT.

Viskositas *setback* (VSB) menunjukkan kestabilan pati ganyong pada saat didinginkan. Viskositas *setback* sangat dibutuhkan dalam produk mi karena viskositas ini akan mempengaruhi kekerasan mi. Menurut Lii and Chang²³, profil gelatinisasi pati yang sesuai untuk produk mi (*noodle*) adalah profil tipe C (tidak memperlihatkan puncak viskositas tetapi viskositasnya cenderung dapat dipertahankan bahkan dapat meningkat jika dipertahankan pada suhu tinggi) serta memiliki *swelling volume* (volume pengembangan granula) dan kelarutan yang terbatas. Pati ganyong dengan profil tipe C mempunyai kecenderungan mengalami retrogradasi yang tinggi. Kemampuan gelatinisasi untuk mengalami proses retrogradasi yang cepat sangat baik untuk pembentukan tekstur mi setelah didinginkan. Pati ganyong termodifikasi HMT memiliki VSB yang lebih rendah yaitu 569,2 cP dibandingkan dengan pati ganyong alami 832 cP.

Namun demikian, pati ganyong HMT masih memantulkan cahaya terpolarisasi (memiliki sifat *birefringence*). Sifat *birefringence* berhubungan dengan



Gambar 2. Profil Granula Pati Ganyong Alami (a) dan Termodifikasi HMT (b) perbesaran 400 kali

Figure 2. *Canna* Native Starch Granules Profile (a) and Modified Heat Moisture Treatment (b) magnification 400 times

titik gelatinisasi dimana, menurut Fennema²⁴ bahwa suhu atau titik gelatinisasi adalah titik saat sifat *birefringence* pati ganyong mulai menghilang. Adanya sifat *birefringence* pada pati ganyong HMT menunjukkan bahwa pati ganyong ini belum mengalami proses gelatinisasi selama modifikasi dengan bentuk granula pati ganyong masih seperti bentuk pati ganyong tanpa HMT.

Proses gelatinisasi selama proses modifikasi HMT tidak terjadi karena kadar air yang digunakan untuk proses modifikasi dibatasi sehingga tidak cukup untuk proses gelatinisasi karena menurut Ratnayake *et al*²⁵ bahwa proses gelatinisasi dapat terjadi jika sejumlah pati ganyong dipanaskan dalam jumlah air yang berlebihan sehingga granula pati ganyong yang membengkak akan pecah. Pecahnya granula pati ganyong diikuti dengan hilangnya sifat *birefringence* pati ganyong. Berdasarkan pengamatan di bawah mikroskop polarisasi (Gambar 2), diperoleh bahwa bentuk granula pati ganyong tanpa HMT ganyong lebih banyak yang berbentuk bulat sedangkan bentuk granula pati ganyong hasil HMT lebih banyak membentuk persegi (tidak bulat). Hasil ini memperkuat penelitian yang dilakukan oleh Miyoshi²¹ dimana hasil analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) bahwa bentuk granula pati setelah HMT lebih banyak membentuk lekukan

Bentuk permukaan luar granula pati ganyong diamati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil foto SEM menunjukkan bentuk granula pati ganyong alami berbentuk oval dengan tekstur permukaan granula yang terlihat halus dan rata. Modifikasi pati dengan HMT tidak merubah bentuk dan

Tabel 2. Karakteristik termal pelelehan kristal pati ganyong
Table 2. Thermal melting characteristics of crystals *canna* starch

Jenis Pati	T _{onset} (°C)	T _{peak} (°C)	T _{endset} (°C)	T _{range} (°C)	ΔH (J/g)
Pati alami/ Native starch	1,82	38,08	70,38	68,56	595,19
Pati HMT/ HMT starch	-5,98	27,94	55,58	61,56	473,39

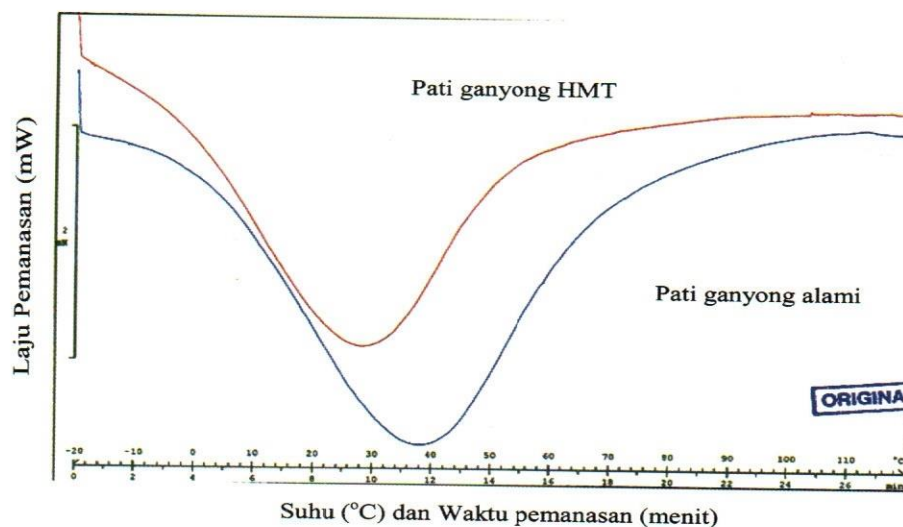
ukuran granula secara signifikan (Gambar 2). Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan yang dilakukan oleh Gunaratne and Hoover¹¹ pada pati kentang dan pati ubi kayu.

Analisis sifat *birefringence* dilakukan terhadap pati alami maupun pati HMT. Hasil analisis menunjukkan sifat *birefringence* masih tampak utuh dan teramati jelas dengan mikroskop polarisasi hingga perbesaran 400 kali baik pada pati alami maupun pati HMT terpilih (Gambar 2). Adanya sifat *birefringence* pati berkaitan dengan keberadaan granula pati yang tidak tergelatinisasi secara sempurna²⁶.

Perubahan karakteristik termal akibat pengaruh perlakuan HMT pati ganyong serta kaitannya dengan perubahan struktur dalam granula dipelajari dengan menggunakan instrumen DSC. Analisis karakteristik pelelehan kristal pati ganyong dilakukan dengan mendinginkan terlebih dahulu larutan pati hingga suhu -20°C dengan menggunakan nitrogen cair, selanjutnya sampel dipanaskan hingga suhu 120°C dengan laju pemanasan 5°C/menit. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui profil suhu pelelehan kristal pati serta besarnya energi yang terserap selama pelelehan berlangsung.

Hasil analisis menunjukkan adanya sedikit perbedaan bentuk kurva pelelehan pati ganyong alami dengan pati ganyong HMT. Bentuk kurva pelelehan pati HMT cenderung memiliki bentuk kurva yang lebih landai dibandingkan dengan pati alami. Kisaran suhu pelelehan kristal pati HMT (T_p) sebesar 61,56°C juga masih lebih rendah dibandingkan pada pati alami yakni sebesar 68,56°C. Oleh karena itu besarnya energi yang dibutuhkan untuk proses pelelehan kristal pati HMT (ΔH) sebesar 473,39 J/g juga lebih rendah dibandingkan pada pati alami yaitu sebesar 595,19 J/g (Tabel 2).

Profil pelelehan kristal pati HMT maupun pati alami yang teramati dengan termogram DSC (Gambar 3) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada kuantitas matriks kristal es yang terbentuk di sekitar permukaan granula pati. Pati HMT dengan energi pelelehan yang lebih rendah dibandingkan pati alami, lebih cepat mengalami perubahan struktur intermolekuler granulanya disebabkan sebelumnya telah mengalami



Gambar 3. Profil termal pelelehan kristal pati ganyong
Figure 3. Thermal melting profile of crystals canna starch

proses gelatinisasi secara parsial²⁷. Proses gelatinisasi parsial mengakibatkan sebagian granula pati yang telah tergelatinisasi berubah sifat fisiknya dimana granula pati cenderung lebih mudah mengalami pelelehan akibat adanya penurunan kekuatan ikatan matriks amilosa-amilopektin sehingga menjadi lebih mudah meleleh pada kisaran suhu yang lebih rendah.

B. Kualitas Masak (*Cooking quality*) Mi Kering

Karakterisasi fisik produk dilakukan untuk mendapatkan nilai variabel respon berupa sifat fisik. Variabel respon fisik yang diujikan antara lain: waktu pemasakan (*cooking time*), susut masak (*cooking loss*), berat rehidrasi (*rehydration weight*), kekerasan (*hardness*), *tensile strength*, elongasi, kelengketan (*adhesiveness*) dan elastisitas (*springiness*). Variabel respon fisik dari 16 formula disajikan dalam Tabel 3.

C. Optimasi Berdasarkan Karakteristik Fisik Mi

Sebelum dilakukan optimasi, terlebih dahulu ditentukan persamaan polynomial dengan ordo yang sesuai untuk masing-masing variabel respon (mean, linier, kuadratik, special kubik atau kubik). Ada dua tahap untuk mendapatkan persamaan polinomial, yaitu berdasarkan *sequential model sum of squares* (tipe I) dan *model summary statistics*.

Partial sum of squares (tipe III) akan memilih ordo tertinggi persamaan polynomial dari satu variabel respon yang hasil analisis ragamnya masih memberikan hasil yang berbeda nyata. *Model summary statistics* akan memperlihatkan perbandingan dari tiap-tiap model.

Model yang dipilih adalah model yang memiliki nilai standar deviasi terkecil atau memiliki nilai *error* yang paling rendah. Selain ini model tersebut juga memiliki nilai *adjusted R²* mendekati nilai satu. Nilai satu menunjukkan 100 persen dari variasi pada nilai yang diuji dapat dijelaskan pada model tersebut. Apabila terdapat dua model yang direkomendasikan, maka dipilih model dengan polinomial yang lebih tinggi. Tabel 4, memberikan ringkasan model ordo dan persamaan polinomial untuk setiap variabel respon.

Analisis sidik ragam menunjukkan variabel respon berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% jika nilai *P* lebih rendah dari $\alpha = 0,05$. Variabel respon yang berbeda nyata digunakan sebagai model prediksi pada tahap optimasi karena variabel uji memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon model mi kering.

Hasil optimasi dari 16 formula yang diolah dengan menggunakan RSM menghasilkan nilai variabel respon berupa karakteristik dari tiap parameter yaitu karakteristik pemasakan, dan karakteristik fisik mi yang paling sesuai dengan nilai variabel respon yang diinginkan. Target variabel respon yang diinginkan didapat dari nilai variabel respon mi berbahan baku 100% tepung terigu. Cara pembuatan mi terigu sama dengan cara pembuatan mi ganyong namun tidak melalui tahap gelatinisasi sebagian tepung, melainkan langsung dilakukan penambahan air karena tepung terigu memiliki gluten sebagai pengikat.

Nilai target optimasi yang dapat dicapai disebut nilai *desirability*. Nilai ini besarnya berkisar antara nol sampai satu. Nilai *desirability* mendekati satu menunjukkan formula mi kering telah mencapai formula optimal sesuai

Tabel 3. Sifat fisik mi dari 16 formula tepung komposit

Table 3. Noodles physical property of 16 composite flour formula

Formula/ Formulation	Susut masak/ Cooking Loss %	Waktu masak/ Cooking Time Menit/Minute	Kekuatan tensil/ Tensile Strength gF	Kekerasan/ Hardness gF	Kelengketan/ Adhesiveness	Elastisitas/ Elasticity (gs)	Berat rehidrasi/ Rehydration weight %	Elongasi/ Elongation %
1	7,33	10,25	31,75	1186,50	0,05	0,72	276,89	24,36
2	9,57	8,38	19,13	687,88	0,04	0,65	369,11	9,00
3	8,91	10,00	25,50	960,78	0,06	0,70	247,20	21,71
4	11,87	7,38	16,55	626,38	0,02	0,64	383,04	5,45
5	11,47	9,13	23,38	1007,63	0,03	0,69	297,93	14,68
6	7,85	10,00	32,63	1197,25	0,05	0,72	277,48	23,08
7	7,16	8,63	25,88	948,63	0,05	0,68	345,25	25,36
8	7,40	8,00	22,88	787,75	0,07	0,65	406,62	12,99
9	8,66	8,00	18,63	1165,00	0,09	0,66	224,04	13,79
10	8,70	8,63	19,50	1032,88	0,09	0,69	291,25	22,11
11	13,13	9,38	18,25	942,50	0,07	0,67	380,20	11,68
12	5,82	9,00	25,38	1021,50	0,08	0,65	306,26	19,63
13	9,88	8,75	25,50	986,25	0,12	0,68	296,99	20,19
14	10,34	7,38	18,00	920,75	0,12	0,65	329,17	10,50
15	7,70	9,00	22,50	1232,88	0,10	0,69	188,38	14,33
16	7,42	8,00	16,63	826,38	0,06	0,65	301,12	10,35

dengan variabel respon yang diinginkan. Untuk mendapatkan formula optimum mi kering, harus ada parameter karakteristik fisik yang memiliki batasan nilai tertentu. Batasan nilai tersebut diperoleh dari nilai variabel respon mi berbahan baku 100% terigu.

Berdasarkan rancangan percobaan dan data hasil pengukuran terhadap 16 formula mi tepung komposit, program *Design-Expert 7* memberikan rekomendasi satu formula baru yang dinilai optimal yaitu mi menggunakan tepung terigu sebanyak 50%, pati ganyong HMT sebanyak 17,72%, dan tepung kacang tunggak sebesar 32,28% dari total berat tepung dengan nilai *desirability* 0,821. Formula tersebut diprediksikan dapat menghasilkan mi yang memiliki variabel response dengan nilai *cooking*

loss sebesar 8,20%, lama pemasakan (*cooking time*) selama 9,81 menit, *tension* sebesar 28,68g, nilai *hardness* sebesar 1173,11g, *adhesiveness* sebesar 0,07, elastisitas 0,71 g, berat rehidrasi 233,89%, dan elongasi 24,46%. Hasil optimasi disajikan dalam bentuk *contour plot* dua dimensi (Gambar 4). Nilai pada garis *contour* merupakan kombinasi dari semua variabel yang menghasilkan pencapaian nilai *desirability*.

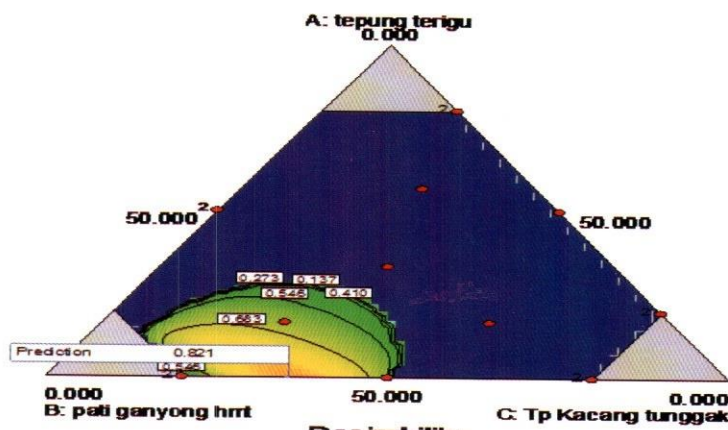
D. Validasi Mi Hasil Optimasi Response Surface Method (RSM)

Nilai variabel respon mi hasil optimasi RSM diperoleh dari formula dengan proporsi bahan tepung terigu 50%, proporsi pati ganyong HMT terpilih sebanyak 17.72%,

Tabel 4. Model ordo terpilih dan persamaan polinomial setiap variabel respon

Table 4. The Ordo Model selected of the polynomial equation of each response variable

Variabel Respon/Response variable	Model Ordo/Ordo model	Nilai R^2/R^2 value	Persamaan Polinomial/Polynomial Equation	Keterangan/Remarks
Susut masak/ Cooking loss	Linier/Linear	0,64	$Y = 11,9a + 9,61b + 6,74c$	Signifikan/Significance
Waktu masak/ Cooking time	Kuadratik/Quadratic	0,92	$Y = 8,13a + 10,61b + 8,7c - 0,7ab - 3,6ac - 0,59bc$	Signifikan/Significance
Tensile strength/ Kekuatan tensil	Kuadratik/Quadratic	0,85	$Y = 16,98a + 36,06b + 24,6c - 21,12ab - 10,55ac - 14,53bc$	Signifikan/Significance
Hardness/ Kekerasan	Kuadratik/Quadratic	0,67	$Y = 572,3a + 1078,2b + 634,4c + 716,5ab + 1114,4ac + 1102,3bc$	Signifikan/Significance
Adhesiveness/ Kelengketan	Kuadratik/Quadratic	0,65	$Y = -0.04557a - 0.01504b - 0.01047c$	Signifikan/Significance
Elastisitas/ Elasticity	Linier/Linear	0,90	$Y = 0.63a + 0.73b + 0.64c$	Signifikan/Significance
Berat rehidrasi/ Rehydration weight	Kuadratik/Quadratic	0,65	$Y = 394.72a + 380.94b + 483.15c - 234.97ab - 479.35ac - 800.98bc$	Signifikan/Significance
Elongasi/ Elongation	Linier/Linear	0,87	$Y = 7.94a + 16.21b + 14.73c$	Signifikan/Significance



Gambar 4. Contour plot dengan nilai desirability mi kering dari formula terpilih
Figure 4. Contour plot with desirability value of the dry noodles formulachosen

dan proporsi tepung kacang tunggak sebanyak 32,28%. Formula ini kemudian diproduksi dan dianalisis sesuai dengan analisis yang menjadi variabel respon optimasi RSM sebelumnya. Produksi yang dilakukan mengikuti prosedur yang sama dengan pembuatan mi dari 16 formulasi tepung komposit yang dibuat untuk optimasi, perbedaan hanya terletak pada proporsi bahan.

Analisis dilakukan pada formula optimum untuk melihat kesesuaian antara nilai variabel respon optimum yang berupa prediksi dari RSM dengan nilai variabel respon aktual yang diperoleh dari analisis mi formulasi terbaik. Dari hasil analisis semua variabel respon, nilai variabel respon aktual mendekati nilai variabel respon prediksi. Nilai aktual yang didapat juga berada diantara selang antara nilai prediksi minimal dan nilai prediksi maksimal. Selang nilai prediksi didapatkan dari penetapan nilai prediksi minimal dan maksimal yang ditetapkan berdasarkan selang kepercayaan 95%. Perbandingan nilai target, nilai prediksi dan nilai aktual hasil optimasi formula dapat dilihat pada Tabel 5.

Pengujian formula terpilih dengan analisis yang dilakukan dari semua variabel respon yang didapatkan tidak melebihi batas maksimal dan tidak kurang dari batas

Tabel 6. Komposisi Kimia Mi Kering

Table 6. The chemical composition of dry noodles

Kandungan/Content	Nilai/Value (%)
Kadar Air/Water Content	8,68
Kadar Abu/Ash Content	1,46
Kadar Lemak/Fat Content	0,65
Kadar Protein/Protein Content	18,77
Kadar Karbohidrat/Carbohydrate Content	70,44
Daya Cerna Pati/Starch digestibility	71,25

minimal dari nilai yang diprediksi, sehingga formula optimum terpilih dapat diterima pada selang kepercayaan 95%. Nilai aktual yang didapat juga tidak jauh berbeda dengan nilai rata-rata target, sehingga didapatkan mi dengan formulasi 50% tepung terigu, 17,72% pati ganyong dan 32,28% tepung kacang tunggak memberikan sifat yang masih menyerupai mi terigu 100%. Hasil analisis komponen kimia menunjukkan bahwa kadar air, kadar abu dan kadar protein dari mi kering terpilih (Tabel 6) memenuhi batas yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2974-1992). Kadar protein mi kering terpilih bahkan melampaui SNI (min 11%, Mutu 1).

Tabel 5. Nilai target, nilai prediksi dan nilai aktual hasil optimasi formula

Table 5. The target value, the predictive value and the actual value of the formula optimization results

Variabel respon/ Variable response	Target	Prediksi/Prediction			Aktual/ Actual
		Rata-rata/ Average	Minimal/ Minimum	Maksimal/ Maximum	
Waktu masak/ Cooking time (minute)	10	9,81	9,44	10,18	9,75
Susut masak/ Cooking loss (%)	min	8,20	6,71	9,69	9,13
Berat Rehidrasi/ Rehydration weight (%)	min	233,89	181,69	286,09	207,9
Elongasi/ Elongation (%)	max	24,46	20,26	28,66	24,75
Tensil/Tension (g)	30,83	28,68	25,65	31,72	27,75
Kekerasan/ Hardness (gf)	1208	1173,11	1027,52	1318,70	1275
Kelengketan/ Adhesiveness	0,045	0,07	0,045	0,097	0,09
Elastisitas/Elasticity (g)	0,71	0,71	0,70	0,72	0,71

KESIMPULAN

1. Pati ganyong hasil HMT dengan perlakuan suhu 110°C, selama 8 jam dan kadar air 20% memberikan suhu awal gelatinisasi tinggi, pola yang stabil saat pemanasan dan pendinginan dan nilai SB yang lebih rendah yaitu 569,2 cP dibandingkan dengan pati ganyong alami 832 cP. Profil gelatinisasi pati ganyong mendekati tipe C, memiliki viskositas yang cenderung stabil atau menaik saat pemanasan ataupun pendinginan, tidak memiliki puncak viskositas, dan mengalami pengembangan terbatas.
2. Hasil optimasi formula dengan menggunakan RSM (*response surface method*) diperoleh formula terbaik, dengan komposisi bahan baku yaitu terigu (50%), pati ganyong termodifikasi HMT (17,72%) dan tepung kacang tunggak (32,28%). Hasil validasi respon yang didapat dari RSM memberikan nilai yang tidak jauh berbeda dan masih dalam interval yang diprediksikan dengan karakteristik sebagai berikut: waktu pemasakan selama 9.75 menit, susut masak 9.13%, berat rehidrasi 207.9%, elongasi 24.75%, nilai tensile strength 27.75g, kekerasan 1275g, kelengketan 0.09 dan elastisitas 0.71 g.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ekspor-Impor Indonesia. Jakarta: Badan Pusat Statistik; 2008.
2. Saifudin. Ekstraksi dan karakterisasi pati kacang tunggak (*Vigna unguiculata*) serta uji mutu sohon sebagai produk olahan [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor; 1998.
3. Daftar komposisi bahan makanan. Jakarta: Bhatara Karya Aksara; 1981.
4. Ehlers JD, Hall AE. Cowpea (*Vigna unguiculata*). Field crops research journal. 1997; 53:187-204.
5. Purwani EY, Widaningrum, Thahir R, Muslich. Effect of moisture treatment of sago starch on its noodle quality Indonesian. Journal of Agricultural Science. 2006; 7(1):8-14.
6. Piyachomkwan K, Chotineeranat S, Kijkhunasatian C, Tonwitowat R, S Prammanee, Oates CG, Sriroth K. Edible canna (*Canna edulis*) as a complementary starch source to cassava for the starch industry. Industrial Crops and Products. 2002; 16:11-21.
7. Chansri R, Puttanlek C, Rungsadthong V, Uttapap D. Characteristics of clear noodles prepared from edible canna starches. J. of Foods Science. 2005; 70(5):337-342.
8. Damayanti, Novian. Karakteristik sifat fisikokimia tepung dan pati ganyong (*Canna edulis* Kerr) varietas lokal [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. 2002.
9. Collado LS, Mabesa LB, Oates CG, Corke H. Bihon-types noodles from heat moisture treated sweetpotato starch. J Food Sci. 2001; 66(4): 604-609.
10. Hoover R, Vasanthan T. The effect of heat moisture treatment on the structure and physico-properties of cereals, tuber and legume starches. Carbohydrates. 1994; 252:33-53.
11. Hoover R, Gunaratne A. Effect of heat moisture treatment on the structure and physico-chemical properties of tuber and roots starches. Carbohydrates Polymers. 2002; 49:425-437.
12. Shin S, Byun J, Park KH, Moon TW. Effect of partial acid hydrolysis and heat moisture treatment on formation of resistant tuber starch. Cer. Chem. 2004; 81(2): 194.
13. Collado LS, Corke H. 1999. Heat Moisture Treatment Effects on Sweetpotato Starches Differing in Amylose Content. Food Chem. 65:339-346
14. [AOAC]. 2005. Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemistry. Wasington D. C.
15. Miyoshi E. Effect of heat-moisture treatment and lipids on gelatinization and retrogradation of maize and potato starches. Cereal Chem. 2001; 79(1):72-77.
16. Gunaratne A, Corke H. Effect of hydroxypropylation and alkaline treatments in hydroxypropylation on some structural and physicochemical properties of heat-moisture treated wheat, potato and waxy maize starch. J. Carbohydrate Polymers. 2007; 68:305-313.
17. Lii Y, Chang MS. Characterization of red bean (*phaseolus radiatesvar. aurea*) starch and its noodle quality. J. Food Science. 1981; 46:78-81.
18. Fennema OR. Food Chemistry. Basel: Marcell Dekker Inc.; 1996.
19. Ratnayake WS, Hoover R, Tom W. Pea starch: composition, structure and properties –review. Starch/Starke. 2002; 54:217-234.
20. Pukkahuta C, Bussawan S, Sujin S, Saiyavit. S. Comparative study of pasting and thermal transition characteristics of osmotic pressure and heat-moisture treated corn starch. Journal Carbohydrate Polymer. 2008; 72:527-536.
21. Vermeylen R, Goderis B, Delcour JA. An X-ray study of hydrothermally treated potato starch. Carbohydr Polym. 2006; 64:364-375.