

**PROFIL GELATINISASI BEBERAPA FORMULASI TEPUNG-TEPUNGAN
UNTUK PENDUGAAN SIFAT PEMASAKAN
(GELATINISATION PROFILE OF SEVERAL FLOUR FORMULATIONS
FOR ESTIMATING COOKING BEHAVIOUR)**

Nelis Imanningsih¹

ABSTRACT

The combination of starch from various sources, salt and protein, are the basic formulation often found in the Indonesian traditional food. The different composition of amylopectine-amylose and the interactions among the ingredients in the formulation, determines pasting properties in order gain a suitable texture characteristics. The aim of the research is to study the interactions of several kinds of flours with water, white egg protein, and salt and its influences to the cooking behaviour of semi-solid food. There are four formulations for each kind of flour (rice, glutenniuos rice, wheat and cassava) that are: (1) water: flour = 25 : 3 g; (2) water : flour : salt = 25 : 3 : 0.28 g; (3) water : flour : albumen = 25 : 3 : 0.3 g; and (4) water : flour : salt : albumen = 25 : 3 : 0.28 : 0.3 g. The flours are analysed for proximate, particle size distribution and amylose-amylopectine composition. Pasting behaviour is measured using Rapid Visco Analyzer (RVA) to determine peak viscosity, peak temperature, and peak time gelatinisation. Rice, glutinous rice, wheat and cassava flours have different gelatinization profiles that depend on starches structural origin and amylose and amylopectin composition. Wheat flour has the lowest peak viscosity among four type of flour examined, whether cassava flour has the highest. Salt in starch-water system delays peak time. Egg white protein raises peak viscosity of starches, the addition of salt and egg white protein simultaneously into the system increases peak viscosity and causes the peak occurs earlier. In food processing, tapioca flour can be used to give viscosity at short time cooking but it could not give a sufficient viscosity to the cold products. Rice flour needs a long time cooking to give a suitable viscosity to the products, however this viscosity can hold well in cold temperature.

Keywords: flour, salt, protein, gelatinisation, viscosity

ABSTRAK

Kombinasi berbagai macam tepung dengan garam dan protein putih telur merupakan formulasi dasar yang banyak dijumpai pada makanan tradisional Indonesia. Komposisi amilopektin-amilosa yang berbeda serta adanya interaksi bahan di dalam formula sangat menentukan sifat pemasakan untuk mendapatkan karakteristik tekstur yang diinginkan. Untuk mempelajari interaksi beberapa jenis tepung dengan air, protein putih telur dan garam serta pengaruhnya terhadap sifat pemasakan makanan semi-solid. Ada empat formulasi untuk setiap jenis tepung (beras, beras ketan, terigu dan tapioka), yakni: (1) air : tepung = 25 : 3 g; (2) air : tepung : garam = 25 : 3 : 0,28 g; (3) air : tepung : protein putih telur = 25 : 3 : 0,3 g; dan (4) air, tepung, garam, protein putih telur = 25 : 3 : 0,28 : 0,3 g. Tepung-tepungan dianalisis kandungan proksimat, distribusi ukuran partikel dan komposisi amilosa-amilopektinnya. Sifat pemasakan diuji dengan menggunakan *Rapid Visco Analyzer (RVA)* untuk menentukan viskositas, suhu dan waktu puncak terjadinya gelatinisasi. Tepung beras, beras ketan, terigu dan tapioka memiliki sifat gelatinisasi berbeda yang berhubungan dengan struktur pati dan komposisi amilosa-amilopektin. Tepung terigu memiliki viskositas puncak yang paling rendah, sementara tepung tapioka tertinggi. Adanya garam akan menunda waktu terjadinya gelatinisasi. Protein putih telur meningkatkan viskositas puncak, dan adanya garam dan protein putih telur secara bersamaan meningkatkan viskositas puncak dan menyebabkan viskositas puncak ini terjadi dengan lebih cepat. Dalam pengolahan pangan, tepung tapioka dapat digunakan untuk memberi kekentalan pada waktu pemasakan yang singkat, tetapi kurang dapat memberikan kekentalan yang cukup pada produk yang dingin. Tepung beras memerlukan waktu pemasakan yang cukup lama untuk memberikan kekentalan yang baik pada produk, tetapi kekentalan ini dapat bertahan baik pada suhu yang dingin. [Penel Gizi Makan 2012, 35(1): 13-22]

Kata kunci: tepung, garam, protein, gelatinisasi, viskositas

¹ Pusat Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Badan Litbangkes, Kemenkes R.I. Jl. Percetakan Negara 29 Jakarta
e-mail: n.karyadi@yahoo.com

PENDAHULUAN

Pati merupakan komponen utama yang membentuk tekstur pada produk makanan semi-solid. Jenis pati yang berbeda akan memiliki sifat yang berbeda dalam pengolahan. Sifat-sifat ini dapat diaplikasikan pada pengolahan pangan untuk mendapatkan keuntungan-keuntungan gizi, teknologi pengolahan, fungsi, sensori dan estetika. Sifat *thickening* (mengentalkan) dan *gelling* (pembentuk gel) dari pati merupakan sifat yang penting dan dapat memberikan karakteristik sensori produk yang lebih baik. Sifat-sifat ini memiliki efek teknologi dan fungsi yang penting dalam proses, baik di tingkat industri maupun persiapan makanan di dapur.¹

Formulasi makanan berbahan dasar pati dan tepung sangat umum ditemukan pada makanan tradisional Indonesia. Tepung dan pati yang umum digunakan berasal dari beras, ketan, terigu dan singkong. Pada formulasi dasar makanan tradisional, pati dan tepung sering dikombinasikan dengan garam dan protein telur. Komposisi tertentu dari jenis pati yang berbeda dan interaksi antar-bahan merupakan hal penting yang menentukan sifat pemasakan dan karakter tekstur dari suatu makanan. Oleh karena itu pengetahuan tentang interaksi bahan sangat diperlukan untuk mengembangkan desain proses dalam rangka mendapatkan tekstur yang diinginkan atau memprediksi perubahan tekstur dengan perubahan komposisi bahan.

Berbagai macam tepung atau pati memberikan sifat yang berbeda pada bahan makanan. Tepung beras membentuk tekstur yang lembut, tetapi tidak lengket saat dimasak. Pati beras memberikan tampilan *opaque* atau tidak bening setelah proses pemasakan. Contoh produk semi-solid yang menggunakan tepung beras sebagai bahan utama adalah bubur sum-sum, es cendol, palu butung dan kue pisang. Tepung beras ketan adalah tepung yang terbuat dari kultivar beras yang mengandung sejumlah besar amilopektin. Pada kue-kue tradisional Indonesia, tepung ketan digunakan untuk menghasilkan produk-produk yang kenyal dan agak lengket, seperti kelepon, lumpang, bugis dan kue lapis. Tepung ketan memiliki viskositas yang lebih tinggi dan memiliki granula pati yang berukuran lebih kecil dibandingkan dengan tepung beras.² Pati gandum memiliki viskositas suhu panas yang rendah dan menghasilkan gel berwarna *opaque* dan mudah putus.³ Walaupun gandum bukan tanaman asli Indonesia, tetapi tepung terigu merupakan bahan baku

dari sejumlah besar makanan tradisional Indonesia, seperti bakwan, bolu kukus, putu ayu dan lain-lain. Tepung tapioka merupakan tepung yang berasal dari umbi yang banyak digunakan di Indonesia. Tepung ini diproduksi dari umbi tanaman singkong, mengandung 90 persen pati berbasis berat kering. Tepung tapioka banyak digunakan untuk membuat makanan tradisional, seperti ongol-ongol, pempek, tiwul, dan tekwan.

Jumlah fraksi amilosa-amilopektin sangat berpengaruh pada profil gelatinisasi pati. Amilosa memiliki ukuran yang lebih kecil dengan struktur tidak bercabang. Sementara amilopektin merupakan molekul berukuran besar dengan struktur bercabang banyak dan membentuk *double helix*. Saat pati dipanaskan, beberapa *double helix* fraksi amilopektin merenggang dan terlepas saat ada ikatan hidrogen yang terputus. Jika suhu yang lebih tinggi diberikan, ikatan hidrogen akan semakin banyak yang terputus, menyebabkan air terserap masuk ke dalam granula pati. Pada proses ini, molekul amilosa terlepas ke fase air yang menyelimuti granula, sehingga struktur dari granula pati menjadi lebih terbuka, dan lebih banyak air yang masuk ke dalam granula, menyebabkan granula membengkak dan volumenya meningkat. Molekul air kemudian membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil gula dari molekul amilosa dan amilopektin. Di bagian luar granula, jumlah air bebas menjadi berkurang, sedangkan jumlah amilosa yang terlepas meningkat. Molekul amilosa cenderung untuk meninggalkan granula karena strukturnya lebih pendek dan mudah larut. Mekanisme ini yang menjelaskan bahwa larutan pati yang dipanaskan akan lebih kental.⁴

Efek tunggal dari bahan-bahan (*ingredients*), seperti protein atau garam, terhadap sifat-sifat reologi telah dipelajari, tetapi hanya sedikit studi yang menyediakan informasi mengenai interaksi dari bahan-bahan ini di dalam suatu formulasi makanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari interaksi beberapa jenis pati dan tepung dengan air, protein putih telur dan garam serta pengaruhnya terhadap sifat pemasakan makanan semi-solid. Pengetahuan ini diperlukan untuk membuat pemodelan karakteristik reologi dan desain proses dari makanan tradisional Indonesia.

METODE

Jenis tepung sumber pati dipilih berdasarkan penggunaan terbanyak dalam makanan tradisional Indonesia, yaitu tepung beras, tepung beras ketan, tepung terigu dan

tepung tapioka. Bahan untuk formulasi adalah garam dan protein putih telur. Tepung-tepungan dianalisis komposisi kimianya meliputi kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, pati, dan fraksi amilosa dan amilopektin di dalam pati.⁵

Distribusi ukuran granula pati (*particle size distribution*) diukur dengan menggunakan ayakan bertingkat dengan ukuran 600 μm , 425 μm , 250 μm dan 125 μm yang disusun berturut-turut dari atas ke bawah. Pati atau tepung dimasukkan melalui ayakan di bagian atas yang berukuran paling besar, kemudian ayakan digoyang, hingga pati turun ke bagian dasar. Jumlah pati yang tertinggal pada masing-masing ayakan ditimbang, dan dihitung persentasenya.

Sifat pemasakan dari beberapa macam tepung diamati dan dibandingkan dengan menggunakan alat *Rapid Visco analyzer* (RVA) untuk mengevaluasi sifat-sifat gelatinisasi pati selama proses pemasakan. Tepung ditimbang sebanyak 3 g, kemudian ditambahkan air sebanyak 25 g dan dipanaskan di dalam tabung aluminium yang dilengkapi dengan kayuh (*impeller*) plastik. Sampel diperlakukan sesuai program suhu dan waktu yang telah diatur, yakni pemanasan, sampai diperoleh viskositas puncak, penahanan selama lima menit, dan pendinginan. Program ini ditujukan untuk meniru kondisi pemasakan yang banyak dijumpai pada proses sehari-hari.⁶

RVA mengukur *apparent viscosity* berdasarkan rasio antara *shear stress* dan *shear rate* ($\tau/\dot{\gamma}$). *Apparent viscosity* berubah seiring dengan fungsi temperatur, gesekan, waktu dan jenis sampel. Data *apparent viscosity* diperoleh pada tingkat gesekan yang berbeda, berupa jumlah putaran per menit (rpm). Data ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sifat dari larutan pati.⁷ Kurva yang dihasilkan oleh RVA memiliki karakteristik yang sangat khas. Sumbu x pada kurva ini adalah waktu, sedangkan sumbu y adalah viskositas (mPas). Selama pengukuran, cairan dipanaskan sambil diaduk. Gaya tahan cairan terhadap baling-baling pemutar diukur sebagai viskositas.

Ada fase-fase dalam pengukuran dengan menggunakan RVA. Pada fase pertama kurva, suhu masih berada di bawah suhu gelatinisasi pati, sehingga viskositas yang terukur rendah. Pada fase kedua, suhu

lalu ditingkatkan secara perlahan sampai mencapai suhu gelatinisasi pati, yaitu suhu di mana granula pati mulai membengkak dan viskositas meningkat. Peningkatan suhu dan viskositas ini dikenal dengan istilah suhu puncak dan viskositas puncak (*peak viscosity*). Ketika sebagian besar granula pati membengkak, terjadi peningkatan yang cepat pada viskositas. Fase ketiga, saat temperatur-tetap meningkat dan pengadukan terus dilakukan (*holding*), granula pati akan pecah dan amilosa keluar dari granula ke cairan, yang menyebabkan viskositas menurun. Pada fase keempat, campuran kemudian didinginkan, yang menyebabkan asosiasi kembali antara molekul-molekul pati (*setback*), sehingga terbentuklah gel dan viskositas kembali meningkat hingga mencapai viskositas akhir.⁷

Penelitian ini memiliki desain eksperimen rancangan acak lengkap. Jenis tepung yang diteliti meliputi tepung beras, tepung beras ketan, tepung terigu dan pati tapioka. Ada empat formulasi untuk setiap jenis tepung yang diuji, yakni formulasi tepung dan air; formulasi tepung, air dan garam; formulasi tepung, air dan protein; serta formulasi tepung, air, garam dan protein. Komposisi garam dihitung 1 persen dari total berat air dan tepung. Protein putih telur ditambahkan sebanyak 10 persen dari berat tepung. Komposisi formula yang diuji adalah sebagai berikut: (1) perbandingan air : tepung = 25 : 3 g; (2) perbandingan air : tepung : garam = 25 : 3 : 0,28 g; (3) perbandingan air : tepung : putih telur = 25 : 3 : 0,3 g; dan (4) perbandingan air : tepung : garam : putih telur = 25 : 3 : 0,28 : 0,3 g. Seluruh formulasi tersebut didasarkan atas berat kering.

Untuk menentukan pengaruh jenis tepung dan formulasi, dilakukan *Analysis of Variant* (ANOVA) dan uji lanjut *Least Significant Different* (LSD).

HASIL

Komposisi Bahan

Kadar air tepung pada umumnya di bawah 12 persen (basis basah), kecuali tepung tapioka. Kadar air merupakan faktor yang sangat penting karena perhitungan perbandingan tepung dan air untuk pengukuran RVA menggunakan basis kering.

Tabel 1
Komposisi Beberapa Jenis Tepung yang Digunakan untuk Formulasi

Sampel	Kadar air %	Abu %	Protein %	Lemak %	Karbohidrat %	Pati %	Amilosa % dari pati	Amilopektin % dari pati
Tepung beras	11,38	0,34	6,98	1,00	80,30	67,68	11,78	88,22
Tepung beras ketan	11,05	0,29	6,61	1,00	81,05	63,31	0,88	99,11
Tepung terigu	11,97	0,72	10,30	1,60	75,41	60,33	10,23	89,77
Tepung tapioka	13,71	0,18	6,98	1,00	78,13	65,26	8,06	91,94

Fraksi pati di dalam tepung-tepungan ini tidak terlalu berbeda satu sama lain, yaitu ada pada kisaran 60-68 persen basis basah. Namun, komposisi amilosa dan amilopektin di dalam tepung-tepungan ini cukup berbeda. Beras ketan merupakan kultivar beras yang memiliki komposisi amilopektin

yang sangat tinggi. Dari hasil analisis diketahui bahwa kadar amilopektin beras ketan pada fraksi patinya di atas 99 persen, sementara tepung beras, terigu dan tapioka memiliki komposisi amilopektin sekitar 88-92 persen dari fraksi patinya (Tabel 1).

Tabel 2
Persentase Jumlah Partikel yang Tersisa pada Ayakan

Jenis Tepung	600 μm %	425 μm %	250 μm %	125 μm %	Dasar %
Beras	1,05	0,57	0,57	65,63	30,76
Beras Ketan	0,09	0,38	3,60	77,17	18,20
Terigu	0,30	0,27	0,13	50,80	48,94
Tapioka	0,18	0,13	0,18	19,67	78,33

Ukuran Partikel

Proporsi terbesar (lebih dari 60%) partikel beras dan beras ketan memiliki ukuran diameter 125-250 μm . Distribusi partikel tepung terigu yang berada dalam kisaran 125-250 μm sebesar 50,8 persen, dan yang kurang dari 125 μm sebesar 48,9

persen. Tepung tapioka memiliki diameter partikel yang paling kecil dibandingkan dengan tepung lain yang diuji dalam penelitian ini. Sebanyak 80 persen dari partikelnya memiliki ukuran lebih kecil dari 125 μm (Tabel 2).

Tabel 3
Hasil ANOVA Jenis Tepung terhadap Viskositas, Suhu dan Waktu Puncak

Variabel	SS	df	MS	F	F crit	Keterangan
Viskositas Puncak	73259435,42	3	24419811,81	370,51	2,80	sig
Suhu Puncak	3887,33	3	1295,78	211,68	2,80	sig
Waktu Puncak	202,86	3	67,62	1992,39	2,80	sig

Profil Gelatinisasi Tepung

Hasil ANOVA pada Tabel 3 menunjukkan bahwa jenis tepung sangat memengaruhi viskositas puncak, temperatur puncak dan waktu untuk mencapai viskositas

puncak. Nilai F hitung dari jenis tepung lebih tinggi dari F kritis. Selanjutnya dilakukan analisis lanjut untuk mengetahui apakah pengaruh tersebut berbeda untuk setiap jenis tepung (Tabel 3).

Tabel 4
Perhitungan Uji Lanjut LSD Perbedaan Jenis Tepung terhadap Viskositas, Suhu dan Waktu Puncak

Variabel Terikat	Jenis Tepung	Nilai Tengah	Keterangan*
VISKOSITAS PUNCAK (mPas)	Tapioka	5387,94	a
	Beras Ketan	3996,25	b
	Beras	3713,88	c
	Terigu	2375,25	d
TEMPERATUR PUNCAK (°C)	Beras	85,39	a
	Terigu	82,38	b
	Tapioka	69,56	c
	Beras Ketan	67,47	d
WAKTU PUNCAK (menit)	Beras	9,97	a
	Terigu	8,90	b
	Tapioka	6,05	c
	Beras Ketan	5,87	d

* Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata

Hasil uji lanjut LSD menunjukkan, viskositas puncak, temperatur puncak dan waktu puncak keempat jenis tepung berbeda satu sama lain. Tepung tapioka memiliki viskositas puncak yang paling tinggi dibandingkan dengan ketiga jenis tepung lainnya, yakni 5387,94 mPas, diikuti oleh tepung beras ketan 3996,25 mPas, dan tepung beras 3713,88 mPas. Tepung terigu memiliki viskositas puncak yang paling rendah dengan nilai rata-rata 2375,25 mPas (Tabel 4).

Waktu yang dibutuhkan tepung beras ketan untuk tergelatinisasi sempurna paling cepat dibandingkan dengan tepung lainnya. Hal ini diindikasikan dengan waktu puncak, yaitu pada 5,87 menit. Sementara untuk tergelatinisasi sempurna, tepung tapioka memerlukan waktu 6,05 menit, tepung terigu

8,9 menit, dan tepung beras pada 9,97 menit.

Tepung beras ketan tergelatinisasi pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung lainnya. Suhu terjadinya gelatinisasi pada tepung ini adalah 67,47°C. Sementara suhu terjadinya gelatinisasi pada tepung tapioka, tepung terigu dan tepung beras berturut-turut adalah pada 69,56°C, 82,38°C dan 85,39°C.

Pengaruh formulasi dianalisis dengan perhitungan ANOVA, seperti pada Tabel 5. Diketahui bahwa F hitung dari formulasi lebih besar daripada nilai F kritis, sehingga dapat disimpulkan bahwa paling sedikit terdapat dua jenis formulasi yang menyebabkan perbedaan viskositas puncak, suhu puncak dan waktu puncak dengan tingkat kepercayaan 95 persen.

Tabel 5
Perhitungan ANOVA Efek Formulasi terhadap Viskositas, Suhu dan Waktu Puncak

Variabel	SS	df	MS	F	P-value	F kritis	Keterangan
Viskositas puncak	50151537,17	3	16717179,06	253,642	1,98E-29	2,798	sig
Suhu puncak	142,42	3	47,47	7,755	0,000253	2,798	sig
Waktu puncak	8,66	3	2,89	85,042	3,19E-19	2,798	sig

Selanjutnya tes ANOVA menunjukkan bahwa interaksi antara formulasi dan jenis tepung juga memengaruhi perubahan pada viskositas, suhu dan waktu puncak. Untuk mengetahui jenis tepung dan formulasi yang

memberikan pengaruh paling tinggi, dilakukan analisis *Least Significant Difference* (LSD), seperti disajikan pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6
Perhitungan LSD Perbedaan Efek Formulasi terhadap Viskositas, Suhu dan Waktu Puncak

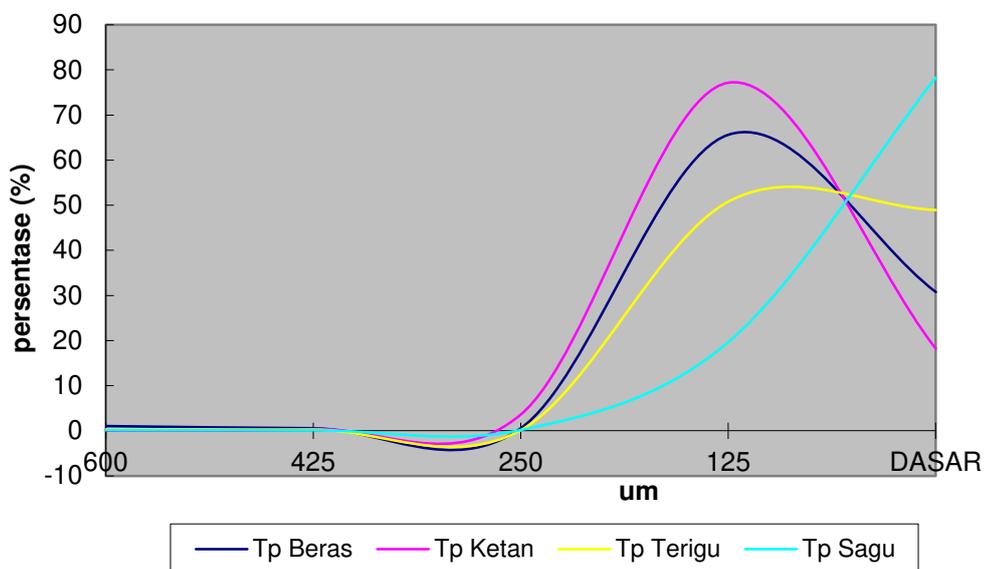
Variabel Terikat	Formulasi	Mean	Keterangan*
VISKOSITAS PUNCAK (mPas)	F4	5396,13	a
	F3	3475,81	b
	F2	3330,75	bc
	F1	3270,63	c
SUHU PUNCAK (°C)	F2	78,62	a
	F1	75,97	bc
	F3	75,64	c
	F4	74,56	d
WAKTU PUNCAK (min)	F2	8,19	a
	F4	7,91	b
	F3	7,37	c
	F1	7,32	c

* Huruf yang berbeda mengindikasikan perbedaan yang nyata

Analisis LSD juga membuktikan bahwa penambahan garam (F2) tidak meningkatkan viskositas puncak secara bermakna, tetapi dapat menunda waktu puncak dan meningkatkan suhu puncak. Penambahan protein putih telur (F3) dapat meningkatkan viskositas puncak, menurunkan suhu puncak, tetapi tidak menunda waktu puncak. Penambahan garam dan protein putih telur secara bersamaan (F4) meningkatkan viskositas puncak, menurunkan suhu, dan menunda waktu puncak.

BAHASAN

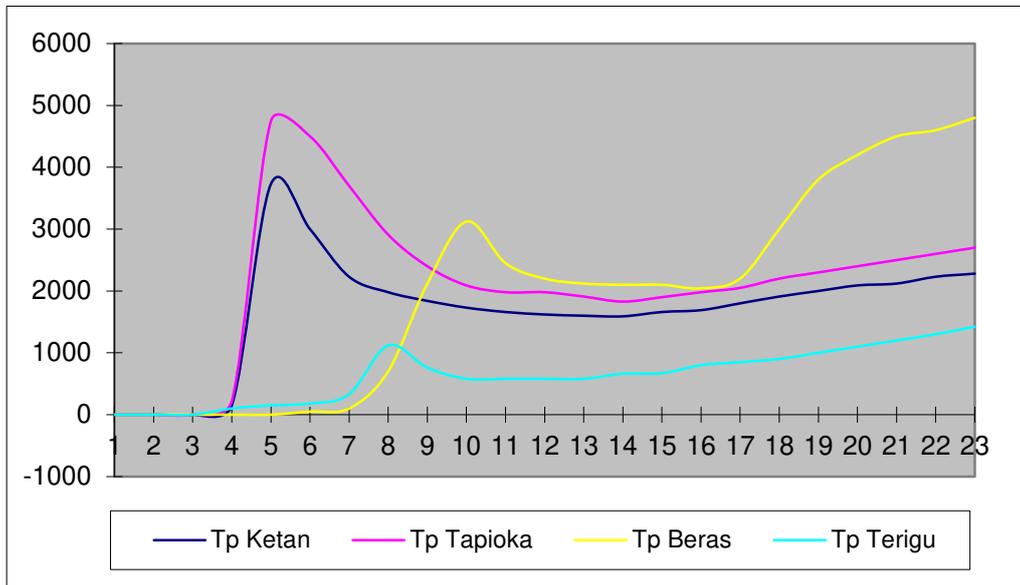
Setiap jenis pati memiliki karakteristik gelatinisasi (puncak, waktu dan suhu) yang berbeda-beda. Gelatinisasi dan sifat pembengkakan dari setiap jenis pati sebagian dikontrol oleh struktur amilopektin, komposisi pati, dan arsitektur granula. Ketika pati dipanaskan bersama air berlebih di atas suhu gelatinisasinya, granula pati yang memiliki kandungan amilopektin lebih tinggi akan membengkak lebih besar dibandingkan dengan yang memiliki kandungan yang lebih rendah.



Gambar 1
Distribusi Ukuran Partikel pada Setiap Jenis Tepung

Jenis tepung yang berbeda memiliki distribusi partikel yang berbeda. Ukuran partikel memegang peran penting dalam pembasahan tepung dan penyerapan air pada tepung. Makin besar ukuran partikel, maka luas permukaannya akan semakin kecil, sehingga air memerlukan waktu yang lebih lama untuk diabsorpsi ke dalam partikel pati. Sebaliknya, ukuran partikel lebih kecil akan meningkatkan laju hidrasi tepung.⁴ Di

dalam setiap jenis tepung yang digunakan dalam penelitian ini, tidak ada ukuran partikel yang lebih besar dari 250 μm . Sejumlah kecil partikel yang tersisa di atas ayakan bukan dikarenakan ukuran partikelnya lebih besar daripada lubangnya, tetapi karena partikel tersebut saling menempel dan menyumbat lubang dari ayakan, sehingga terhitung sebagai ukuran partikel yang lebih besar dari 125 μm (Gambar 1).



Gambar 2
Sifat Gelatinisasi Beberapa Jenis Tepung

Dari kurva RVA yang disajikan pada Gambar 2, dapat diketahui bahwa profil gelatinisasi keempat jenis tepung berbeda satu sama lain. Tepung tapioka memiliki viskositas puncak yang paling tinggi dibandingkan dengan tepung lainnya dan memiliki waktu gelatinisasi yang lebih cepat dibandingkan dengan tepung beras dan tepung terigu, tetapi hampir bersamaan dengan tepung beras ketan. Tepung terigu memiliki viskositas puncak yang paling rendah dibandingkan dengan ketiga jenis tepung lainnya. Nilai viskositasnya empat kali lebih rendah dibandingkan dengan jenis tepung lainnya. Tepung beras memiliki waktu terlama untuk mencapai viskositas puncak. Akan tetapi, tepung ini memiliki nilai viskositas tertinggi pada fase suhu rendah (*set-back*).

Setiap jenis tepung memiliki karakteristik gelatinisasi yang berbeda-beda. Sifat gelatinisasi dan pembengkakan dari suatu pati, salah satunya ditentukan oleh struktur amilopektin, komposisi pati dan

ukuran granular pati.⁸ Di samping itu, perbedaan sifat gelatinisasi juga dikarenakan distribusi berat granula pati.⁹ Makin besar berat molekul, maka gelatinisasi akan terjadi pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan yang berat molekulnya lebih rendah. Contoh, pati sereal memiliki berat molekul yang lebih rendah dibandingkan dengan pati umbi-umbian, sehingga suhu terjadinya gelatinisasi tepung beras lebih rendah dibandingkan dengan tepung tapioka.

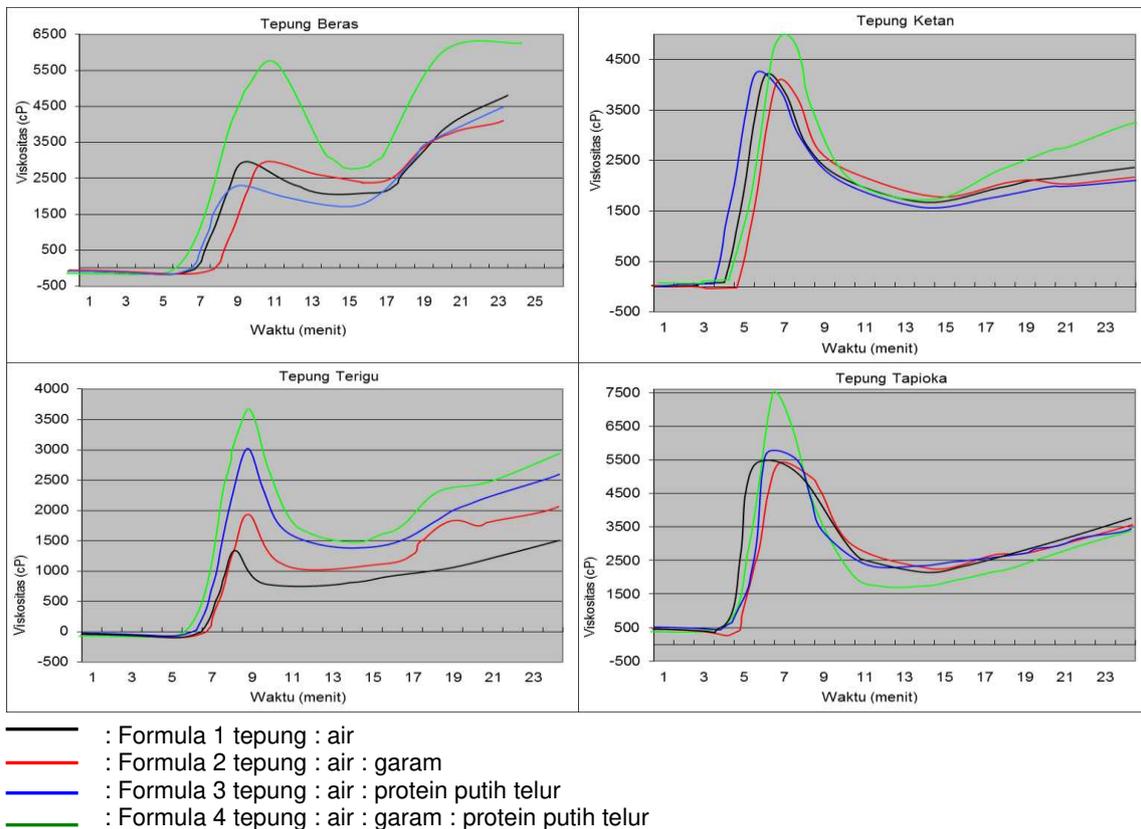
Saat larutan pati dipanaskan di atas temperatur gelatinisasinya, pati yang mengandung amilopektin lebih banyak akan membengkak lebih cepat dibandingkan dengan pati lain.⁸ Teori ini dapat menjelaskan fenomena profil gelatinisasi dari beras ketan. Beras ketan merupakan jenis tepung dalam penelitian ini yang mengandung amilopektin dengan komposisi sebesar 99,11 persen dari fraksi patinya. Sesuai dengan teori tersebut, beras ketan memiliki gelatinisasi yang paling cepat, dengan suhu paling rendah. Sebaliknya,

tepung-tepungan dengan kandungan amilosa yang lebih tinggi, seperti tepung beras dan tepung terigu, memerlukan temperatur yang lebih tinggi agar patinya tergelatinisasi.

Adanya air pada formula dapat menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pada pati dengan molekul air. Ikatan ini menggantikan ikatan-ikatan hidrogen antara rantai pati, sehingga akan mengakibatkan disosiasi ikatan pati.⁹ Pada formula 2 di seluruh tepung, penambahan 1 persen garam dapat menunda suhu puncak gelatinisasi dan meningkatkan suhu gelatinisasi secara bermakna.

Peningkatan suhu gelatinisasi dapat dijelaskan oleh teori sebagai berikut. Hipotesisnya, pati berperan sebagai penerkar

ion asam lemah, dan kation cenderung untuk melindungi dan menstabilkan struktur granula, sedangkan anion berperan sebagai agen gelatinisasi yang dapat memutuskan ikatan hidrogen.¹⁰ Saat garam (sodium klorida) ditambahkan ke dalam pati yang terlarut di dalam air, beberapa gugus alkohol di dalam granula pati berubah menjadi gugus natrium alkoholat. Gugus ini dapat berdisosiasi dengan lebih baik, sehingga menghasilkan *Donnan potential* yang membuat granula pati seperti memiliki lapisan ganda kation. Lapisan-lapisan kation ini menurunkan difusi ion klorida, yang merupakan anion yang memicu gelatinisasi. Oleh karenanya, untuk membuat ikatan hidrogen putus dan menimbulkan gelatinisasi, dibutuhkan suhu yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama.¹¹



Gambar 3
Sifat Gelatinisasi dari Beberapa Jenis Tepung dan Beberapa Formulasi

Dari analisis ANOVA yang sama diketahui bahwa penambahan protein putih telur (F3) dapat meningkatkan viskositas puncak secara nyata, cenderung menurunkan suhu puncak (tetapi tidak nyata), dan tidak memengaruhi waktu puncak (Gambar 3). Penambahan konsentrat protein secara nyata

meningkatkan viskositas pati jagung.¹² Efek protein di dalam fomula makanan tergantung pada rasio amilosa-amilopektin dan jumlah air. Interaksi antara amilopektin dan protein terlibat dalam peningkatan viskositas. Saat pati tergelatinisasi dan protein terdenaturasi, terbentuk struktur *network* yang menyebabkan peningkatan viskositas.¹³

Pembentukan jaring antara amilopektin dan protein terjadi di atas suhu gelatinisasi pati dan percabangan dari amilopektin dan akan berinteraksi dengan gugus hidroksil dari molekul protein.¹⁴ Formula keempat memiliki nilai viskositas yang paling tinggi dibandingkan dengan formula lainnya. Viskositas formula ini meningkat 65 persen dibandingkan dengan kontrol (sistem pati-air). Dari analisis dapat disimpulkan bahwa formulasi ini menyebabkan puncak viskositas terjadi lebih cepat.

Formasi protein-polisakarida umumnya diatur oleh ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatis. Adanya garam mengganggu muatan permukaan makromolekul dan hal ini memengaruhi tingkat interaksi antara protein dan polisakarida. Biasanya interaksi yang maksimal terjadi pada muatan yang minimal. Selain itu berat molekul dan konsentrasi relatif antara protein dan polisakarida juga memengaruhi stabilitas dan sifat fungsional dari kompleks protein-polisakarida.¹⁵ Seperti telah didiskusikan di muka, penambahan garam menyebabkan peningkatan suhu puncak gelatinisasi. Namun, penambahan protein cenderung akan menurunkan suhu puncak, walaupun secara statistik tidak bermakna ($p > 0,05$). Fenomena ini karena karbohidrat, garam dan protein berkompetisi untuk air terbatas yang ada dalam sistem. Air digunakan untuk membuat pati tergelatinisasi dan juga untuk mendenaturasi protein, sehingga sebelum suhu gelatinisasi yang seharusnya terjadi, yakni pada suhu 76°C (pada kontrol), air sudah digunakan seluruhnya, dan viskositas puncak terjadi lebih awal, sehingga pengaruh garam dalam meningkatkan suhu gelatinisasi tidak lagi terlihat.

KESIMPULAN

Tepung beras, beras ketan, terigu dan tepung tapioka memiliki sifat gelatinisasi yang berbeda, tergantung pada struktur asal dan komposisi amilosa dan amilopektinnya. Tepung tapioka memiliki viskositas puncak yang paling tinggi dan waktu gelatinisasi yang lebih cepat dibandingkan dengan tepung lainnya, tetapi memiliki viskositas suhu rendah (*set-back*) yang agak rendah. Dalam pengolahan pangan, aplikasinya adalah tepung tapioka dapat digunakan untuk memberi kekentalan pada waktu pemasakan yang singkat, tetapi kurang dapat memberikan kekentalan yang cukup pada produk yang dingin. Tepung terigu memiliki viskositas puncak yang paling rendah dibandingkan dengan ketiga jenis

tepung lainnya. Nilai viskositasnya empat kali lebih rendah dibandingkan dengan jenis tepung lainnya. Aplikasi pada pengolahan pangan adalah tepung terigu kurang cocok digunakan sebagai bahan pembentuk kekentalan pada makanan semi-solid. Tepung beras memiliki waktu terlalu lama untuk mencapai viskositas puncak, tetapi tepung ini memiliki nilai viskositas tertinggi pada fase *set-back*. Aplikasinya, tepung beras memerlukan waktu pemasakan yang cukup lama untuk memberikan kekentalan yang baik pada produk, tetapi kekentalan ini dapat bertahan baik pada suhu yang dingin.

Formulasi tepung memengaruhi sifat pemasakannya. Penambahan garam ke dalam sistem pati-air akan menunda waktu puncak terjadinya gelatinisasi dan meningkatkan suhu puncak terjadinya gelatinisasi. Penambahan protein putih telur meningkatkan viskositas puncak secara nyata, cenderung menurunkan suhu puncak (tetapi tidak nyata) dan tidak memengaruhi waktu puncak. Penambahan garam dan protein putih telur secara bersamaan ke dalam sistem, akan meningkatkan viskositas puncak dan menyebabkan viskositas puncak terjadi lebih cepat.

SARAN

Penelitian ini menyediakan data umum tentang sifat pemasakan dari formulasi makanan dengan konsentrasi yang tetap. Namun, tidak tersedia data pada konsentrasi berapa bahan-bahan tersebut memengaruhi sifat. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk melihat interaksi bahan makanan pada konsentrasi yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada *Australia Development Scholarship* yang telah menyediakan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

RUJUKAN

1. Rapaille A, Vanhemelrijck J. "Modified Starches". In: Imeson A, ed. *Thickening and Gelling Agents for Food*, 2nd edition. London: Chapman and Hall, 1999. p 199-229.
2. Tadakoro "The Biological Synthesis of starch". In: Manners DJ, ed. *Starch and its derivatives*. London: Chapman and Hall. P 66-90.
3. Howling D. The Influence of the structure of starch on its rheological properties. *Food Chemistry*. 1980. 6: 51-61.

4. Mailhot WC, Patton JC. "Criteria of flour quality". In: Pomeranz Y, ed. *Wheat Chemistry and Technology*, 3rd ed. St Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1988. p 69-90.
5. AOAC. *Official Methods of Analysis: Cereal Foods*. 1998. 32; 1-2,11.
6. Steffe, J.F. *Rheological Methods in food Processing Engineering*. 2nd edition. East Lansing. Freeman Press. 1996.
7. Rapid Visco Analyzer (RVA), Manual. 1994.
8. Tester RF. "Starch: *the polisaccharide fractions*". In: Frazier, PJ, Donald. A.M. Richmond, P, editors. *Starch Structure and Functionality*. London: The Royal Society of Chemistry, 1997. p.163-169.
9. Jane, J-L. Mechanism of starch gelatinization in neutral salt solutions. *Starch-Stärke*. 1993; 45(5): 161-166.
10. Oosten BJ. Interactions between starch and electrolytes. *Starch-Stärke*. 1990; 42(9): 327-330.
11. Akintayo ET, Oshodi AA, and Esuoso KO. Effects of NaCl, ionic strength and pH on the foaming and gelation of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein concentrates. *Food Chemistry*. 1996; 66: 51-56.
12. Corke H and Bejosano F. Effects of Amaranthus and Buckwheat proteins on the rheological properties of maize starch. *Food Chemistry*. 1999; 65: 493-501.
13. Mine Y. Recent advance in the understanding of egg white protein functionality. *Trends in Food Science and Technology*. 1995; 6: 225-231.
14. Muhrbeck P. and Eliasson AC. Rheological Properties of Protein/Starch Mixed Gels. *Journal of Texture Studies*. 1991; 22: 317-332.
15. Damodaran S and Paraf A. *Food Proteins and Their Applications*. New York: Marcel Dekker. 1997.