

PENGARUH FOAMING PADA PENGERINGAN INULIN UMBI GEMBILI (*Dioscorea esculenta*) TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKO-KIMIA DAN AKTIVITAS PREBIOTIK

Effect of Foaming in Drying of Lesser Yam Inulin (*Dioscorea esculenta*) on the Physicochemical Characteristics and Prebiotics Activities

Sri Winarti¹, Eni Harmayani², Yustinus Marsono², Yudi Pranoto²

¹Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya, Surabaya 60294

²Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No.1 Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Email: swin_tpupn@yahoo.com

ABSTRAK

Gembili (*Dioscorea esculenta*) merupakan salah satu jenis *Dioscorea spp.* yang mengandung inulin cukup tinggi. Beberapa faktor dapat berpengaruh terhadap karakteristik fisiko-kimia dan aktivitas prebiotik inulin, salah satunya adalah cara pengeringan. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi pengaruh *foaming* (pembentukan *foam*) pada proses pengeringan inulin umbi gembili terhadap karakteristik fisiko-kimia dan aktivitas prebiotik. Inulin umbi gembili dikeringkan dengan metode *foam mat drying* dibandingkan dengan *cabinet drying* serta dibandingkan dengan inulin komersial dari umbi chicory yang dikeringkan dengan *spray drying*. Karakteristik fisiko-kimia inulin yang dievaluasi meliputi kelarutan, daya serap air, kekuatan gel, kadar air, viskositas, kemurnian, kristalinitas, dan nilai aktivitas prebiotik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *foaming* pada pengeringan inulin umbi gembili dengan metode *foam mat drying* dapat meningkatkan kelarutan dari 79,09% menjadi 89,97%, daya serap air dari 12,39% menjadi 34,39%, dan nilai aktivitas prebiotik pada *Bifidobacteria breve* BRL-131 yaitu dari 1,071 menjadi 1,113 dan pada *Bifidobacterium bifidum* BRL-130 dari 0,658 menjadi 0,820. Pengeringan inulin umbi gembili dengan metode *foam mat drying* dapat menurunkan kekuatan gel dari 0,1295 N menjadi 0,0929 N, kadar air dari 10,55% menjadi 9,29%, viskositas dari 14,47 mPa menjadi 6,7 mPa pada suhu 90°C, kemurnian dari 73,58% menjadi 66,34% dan menurunkan kristalinitas. Inulin umbi gembili memiliki nilai aktivitas prebiotik lebih tinggi dibandingkan dengan inulin komersial dari umbi chicory.

Kata kunci: Inulin, gembili, *Dioscorea esculenta*, prebiotik, *foam mat drying*

ABSTRACT

Lesser yam (*Dioscorea esculenta*) is one type of *Dioscorea spp.* with high inulin content. There are many factors can affect on the physicochemical characteristics and prebiotic activity of inulin, one of this factor is drying method. The purpose of the study was to evaluate the effect of foaming (foam mat) on drying procces of lesser yam inulin on the physicochemical characteristics and prebiotic activity. Lesser yam inulin was dried with cabinet drying and foam mat drying, which was compared with the commercial inulin that was dried by spray drying method. Inulin properties evaluated were solubility, water absorbtion, gel strength, water content, viscosity, purity, crystallinity and prebiotic activity. The results showed that the drying of Lesser yam inulin with foam mat drying method can improve the solubility of 79.09% to 89.97%, water absorbtion from 12.39% to 34.39%, and prebiotic activity score from 1,071 to 1,113 on *Bifidobacteria breve* BRL-131 and from 0.658 to 0.820 on *Bifidobacterium bifidum* BRL-130. Drying of Lesser yam inulin with foam mat drying method can reduce the gel strength of 0.1295 N to 0.0929 N, water content from 10,55% to 9,29%, the viscosity of 14.47 mPa to 6.7 mPa at 90 °C, purity of 73.58% to 66.34% and lower crystallinity. Lesser yam inulin had prebiotic activity score higher than commercial inulin from chicory root.

Keywords: Inulin, lesser yam, *Dioscorea esculenta*, prebiotic, foam mat drying

PENDAHULUAN

Inulin merupakan polimer unit-unit fruktosa dengan gugus terminal glukosa. Unit-unit fruktosa dalam inulin dihubungkan oleh ikatan β -(2 \rightarrow 1)-glikosidik. Hampir setiap fruktosa rantai linier inulin memiliki struktur GF_n (G=unit glukosa, F=unit fruktosa dan n=jumlah unit fruktosa yang berikatan satu sama lain). Sifat inulin sebagai serat makanan dapat larut (*soluble dietary fiber*) sangat bermanfaat bagi pencernaan dan kesehatan tubuh (Sardesai, 2003). Inulin dapat larut dalam air namun tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim dalam sistem pencernaan mamalia. Di dalam usus besar inulin difermentasi oleh bakteri-bakteri yang terdapat di dalam usus besar, sehingga berpengaruh positif terhadap kesehatan. Beberapa jenis *Bifidobakteria* dapat memanfaatkan inulin sebagai sumber energi karena menghasilkan enzim inulinase ekstraseluler yang dapat menghidrolisis ikatan β -(2-1)-D-fruktosa menjadi fruktosa (Robertfroid, 2005). Inulin sangat luas penggunaannya di dalam industri pangan, baik di Eropa, USA, Canada maupun Indonesia sebagai komponen (*ingredient*) dari berbagai jenis produk pangan.

Kebutuhan inulin di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat, dimana semua kebutuhan inulin masih impor. Volume dan nilai impor inulin pada tahun 2008 1.420.522 kg dengan nilai 4.664.245 US \$ dan pada tahun 2010 4.021.679 kg dengan nilai 13.190.242 US \$. kg (Biro Pusat Statistik, 2012). Oleh karena itu perlu dicari sumber inulin dari bahan baku lokal untuk mengurangi ketergantungan inulin dari negara lain. Salah satu bahan baku lokal yang mengandung inulin yaitu umbi *Dioscorea spp.* yang memiliki kadar inulin bervariasi antara 2,88%-14,77%, dan yang tertinggi adalah *Dioscorea esculenta* (gembili) sebesar 14,77% (Winarti dkk., 2011).

Tanaman *Dioscorea esculenta* merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak tumbuh di berbagai wilayah Indonesia, tumbuhnya secara liar di pekarangan-pekarangan penduduk maupun di hutan-hutan. Umbi tanaman ini biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber karbohidrat alternatif, namun sampai saat ini pemanfaatannya masih sangat terbatas. Isolasi inulin dari umbi gembili merupakan salah satu upaya dan terobosan baru untuk memanfaatkan sumber daya alam lokal yang cukup melimpah.

Inulin yang diperoleh dari berbagai jenis tanaman, cara ekstraksi dan presipitasi yang berbeda memiliki rendemen dan karakteristik yang berbeda-beda. Sebagai contoh, inulin dari *Agave tequilana* mempunyai derajat polimerisasi yang berbeda pada umur tanaman yang berbeda (Arrizon dkk., 2010). Cara pengeringan yang berbeda juga berpengaruh terhadap karakteristik inulin yang dihasilkan. Pengeringan menggunakan kabinet *dryer* menghasilkan inulin yang memiliki sifat semi kristalin (Park dkk., 2006),

sifat semi kristalin ini mempunyai tekstur keras dan agak sulit untuk berinteraksi dengan bahan pangan lain dalam proses formulasi. Cara pengeringan dengan kabinet *dryer* memerlukan biaya yang murah. Pengeringan menggunakan *spray dryer* menghasilkan inulin yang memiliki sifat amorf dan mudah larut dalam air (Toneli dkk., 2008), namun pengeringan cara ini memerlukan biaya yang mahal. Oleh karena itu perlu alternatif pengeringan yang memerlukan biaya lebih murah namun tidak merubah sifat-sifat bahan aslinya. Salah satu metode pengeringan yang akan diterapkan adalah metode *foam mat drying*. Pada metode ini biasanya ditambahkan bahan pembusa (*foaming agent*) maupun bahan pengisi (*filler*).

Foam mat drying merupakan cara pengeringan bahan berbentuk cair yang sebelumnya dijadikan *foam* atau busa terlebih dahulu dengan menambahkan zat pembuih dengan diaduk atau dikocok, kemudian dikeringkan. Bahan yang dikeringkan dengan metode *foam mat drying* mempunyai ciri khas yaitu struktur remah, mudah menyerap air dan mudah larut dalam air (Kumalaningsih, 2004). Penambahan bahan pembusa (*foaming agent*) dan bahan pengisi (*filler*) pada pengeringan inulin dengan metode *foam mat drying* tidak hanya berpengaruh terhadap sifat-sifat dari inulin, tetapi kemungkinan juga berpengaruh terhadap aktivitas prebiotiknya. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian karakteristik dan aktivitas prebiotik inulin yang diperoleh dengan metode *foam mat drying*. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh pembentukan *foam* (*foaming*) pada proses pengeringan inulin umbi gembili (*Dioscorea esculenta*) terhadap karakteristik fisiko-kimia dan aktivitas prebiotik.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah umbi gembili (*Dioscorea esculenta*) yang diperoleh dari pasar tradisional Jawa Timur, Indonesia. Inulin (C₆H₁₀O₅)_n standar untuk analisis menggunakan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) diperoleh dari MP.Biochemicals, Ohio, dengan berat molekul 990,8. Inulin komersial (Februline Instant, *native chicory inulin*), memiliki derajat polimerisasi (DP) rata-rata 10 diperoleh dari Cosucra Groupe Warcoing S.A., Belgium. Bahan tambahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi dekstrin, malto dekstrin, putih telur, Na-CMC (*Sodium Carboxi Metil Celulose*).

Bakteri yang digunakan untuk pengujian yaitu *Bifidobacterium bifidum* BRL-130, *Bifidobacterium breve* BRL-131, *Bifidobacterium longum* ATCC-15707, *Lactobacillus casei* FNCC-90, *Lactobacillus acidophilus* FNCC-0051 dan *E.coli* FNCC-195 yang diperoleh dari Food

and Nutrition Culture Collection, Pusat Studi Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Media pertumbuhan bakteri yaitu MRS (*Man Rogosa Soyprotein*) cair dan agar untuk pertumbuhan *Bifidobacteria* dan *Lactobacillus*. Media MRS formulasi yaitu dengan menggantikan glukosa dengan inulin untuk media pengujian. TSA (*Trypticase Soy Agar*) dan TSB (*Trypticase Soy Broth*) untuk pertumbuhan *E. coli*. Media M-9, untuk pengujian *E. Coli*, dengan sumber karbon glukosa dan inulin.

Peralatan yang digunakan adalah HPLC dengan Aminex Kolom HPX-87C (250mmx4mm), detektor refraksi index air model 410 dan pompa LCHE Waters model M-45 untuk uji kemurnian inulin, autoclave, kabinet *dryer*, sentrifuse, *shaker waterbath*, *mixer*, *viskosimeter*, *Loyd penetrometer*, inkubator, *colony counter* dan X-Ray difractometer.

Isolasi Inulin dari Umbi Gembili

Isolasi inulin dilakukan sesuai yang dilakukan oleh Park dkk. (2006) dan Toneli dkk. (2008) yang dimodifikasi. Umbi gembili dibersihkan, dicuci, dikupas dan dipotong kecil-kecil, kemudian diblender dengan penambahan air panas suhu 80-90°C 1:10 (umbi:air). Selanjutnya dilakukan difusi dalam *shaker waterbath* suhu 90°C selama 1 jam. Setelah disaring dan didinginkan, selanjutnya dibekukan pada suhu -20°C selama 24 jam. Filtrat yang telah beku dicairkan/*thawing* kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 1500 rpm, selama 15 menit sampai diperoleh endapan putih dan dipisahkan. Endapan putih yang diperoleh selanjutnya dikeringkan menggunakan kabinet *dryer* pada suhu 60°C, selama 5 jam, dihaluskan dan diayak.

Pengeringan Inulin dengan Metode *Foam Mat Drying*

Pengeringan inulin dengan metode *foam mat drying* sesuai yang dilakukan oleh Razkumar (2006), Raharitsifa (2006), dan Thuwapanichayanan (2006) yang dimodifikasi. Endapan putih dari filtrat inulin ditambah dengan *foaming agent* putih telur 2% dan bahan pengisi yaitu maltodekstrin 0,5% (b/b), selanjutnya di *mixer* selama 5 menit, dikeringkan dalam pengering kabinet pada suhu 60°C, sampai kering (\pm 3 jam). Inulin kering dari tahap ini (Inulin FM) digiling kemudian diayak.

Uji Kemurnian Inulin (Toneli dkk., 2008)

Konsentrasi/kemurnian inulin diukur menggunakan HPLC dengan Aminex Colom HPX-87C (250mm x 4mm), detektor refraksi index air model 410 dan pompa LCHE Waters model M-45. Air digunakan sebagai fase mobil dengan kecepatan 0,3 ml/menit, volume injeksi 20 μ l. Suhu kolom diatur 80°C dan detektor 40°C. Standar yang digunakan adalah inulin (C₆H₁₀O₅)_n yang diperoleh dari MP Biochemicals, Ohaio, dengan berat molekul 990,8.

Uji Kelarutan Inulin (Yuwono dan Susanto, 2001)

Sampel ditimbang sebanyak 10 gram, kemudian dimasukkan dalam air sebanyak suhu 90 °C, diaduk 15 menit. Waktu kelarutan dihitung menggunakan stopwatch sampai larut semua. Didiamkan sebentar kemudian disaring dengan kertas saring yang sudah diketahui beratnya. Larutan yang tertinggal dalam kertas saring dioven pada suhu 105 °C selama 3 jam kemudian ditimbang.

$$\text{Kelarutan} = \text{Keterangan} : \frac{(S \times T_p) - (K_2 - K_1)}{S \times T_p} \times 100\% \dots\dots (1)$$

S : Berat sampel (gram)

T_p : Total padatan terlarut

K₁ : Berat kertas saring sebelum digunakan menyaring (gram)

K₂ : Berat kertas saring setelah digunakan menyaring (gram)

Uji Daya Serap Air (Yuwono dan Susanto, 2001)

Sampel ditimbang sebanyak 1,5 gram, kemudian dibungkus dengan kertas saring dan diikat dengan benang. Sampel tersebut digantung dalam toples yang telah diisi air setengah dari volumen. Sampel tidak boleh kontak dengan air. Toples ditutup rapat, setelah 5 jam sampel diambil dan ditimbang.

$$\text{Reabsorbsi uap air} = \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \dots\dots (2)$$

Pengukuran kekuatan Gel

Dibuat larutan inulin gembili dan inulin komersial 10 %, kemudian dipanaskan sambil diaduk sampai suhu mencapai 100 °C. Larutan inulin didinginkan pada suhu 4 °C selama 24 jam. Kekuatan gel diukur menggunakan Tensile Strength Zwick Type DO-FBO.5TS

Pengukuran Kadar Air (Gravimetri; AOAC, 1990)

Sampel yang telah dihaluskan sebanyak 1-2 gram dimasukkan kedalam botol timbang (aluminium foil) yang telah dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C dan diketahui beratnya (berat konstan). Kemudian dikeringkan pada suhu 100-105°C selama 3-5 jam, lalu didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Dipanaskan lagi dalam oven selama 30 menit, kemudian dinginkan dan ditimbang. Perlakuan ini diulang sampai tercapai berat konstan. Pengurangan berat ini merupakan banyaknya air dalam sampel yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

a = berat sampel mula-mula (gram)

b = berat sampel setelah dikeringkan (gram)

Pengukuran Viskositas

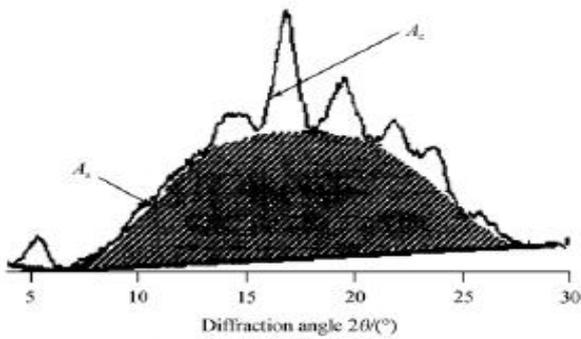
Dibuat larutan inulin gembili 10%, kemudian dipanaskan sambil diaduk sampai suhu 100 °C. Viskositas diukur menggunakan viskosimeter Oshwatt mulai suhu 90°C, 80°C, 70°C, 60°C, 50°C, 40°C dan 30°C, dibandingkan dengan inulin komersial

Pengukuran Derajat Kristalinitas Inulin (Wang dkk., 2008)

Derajat kristalinitas inulin diukur menggunakan X-Ray Diffractometer Rigaku D/max 2500 untuk powder (Rigaku, Tokyo, Japan) dengan radiasi Nickel filtered Cu K ($\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$) pada voltase 40 kV dan arus listrik 200 mA. Hamburan cahaya radiasi dideteksi pada sudut rata-rata 5°-60° (2 θ), dengan kecepatan scanning 8° (2 θ)/min dan tahap 0.06° (2 θ). Derajat kristalinitas dapat dihitung menurut Wang dkk., (2008) berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$X_c = A_c / (A_c + A_a) \dots\dots\dots (4)$$

Xc = derajat kristalinitas; Ac = luas area kristalin (selisih luas total area-luas area amorf); Aa = luas area amorf pada diffractogram (Gambar 1).



Gambar 1. Perhitungan luas area diffractogram

Pembuatan Media Pertumbuhan dan Pengujian

MRS formulasi dibuat dengan komposisi MRS, yang glukosanya diganti dengan inulin. MRS digunakan untuk pengujian dan pertumbuhan bakteri *Bifidobacteria* dan *Lactobacilli*. Media TS Agar dan Broth dibuat dengan komposisi dalam satu liter nya adalah: triptone 15 g, soya pepton 5 g, sodium clorite 5 g dan/tanpa agar 15 g. Media ini digunakan untuk penyiapan, peremajaan dan perhitungan kultur *E.coli*.

Media M-9 dibuat dengan komposisi dalam 1 liter adalah: Na₂HPO₄.7H₂O 64 g, KH₂PO₄ 15 g, NaCl 2,5 g, NH₄Cl 5,0 g, kemudian disterilkan. Untuk pengujian/pertumbuhan *E.coli*, ambil 200 ml larutan tersebut ditambahkan dengan aquades steril 700 ml, MgSO₄ 1 M steril 2 ml, glukosa 20% steril (sumber karbon lain) 20 ml, CaCl₂ 1 M steril 100 µl dan ditambah aquades steril sampai 1000 ml. Media ini digunakan untuk pengujian pertumbuhan *E.coli* dengan sumber karbon glukosa dan inulin.

Perhitungan Nilai Aktivitas Prebiotik

Nilai aktivitas prebiotik (*Score Prebiotics Activity*) adalah perbandingan antara selisih jumlah sel (log cfu/ml) bakteri probiotik pada media prebiotik waktu tertentu/24 jam dan jumlah sel jam ke-0 dengan selisih jumlah sel bakteri probiotik pada media glukosa waktu tertentu/24 jam dan jumlah sel bakteri probiotik pada media glukosa jam ke-0 dikurangi perbandingan antara selisih jumlah sel bakteri enterik pada media prebiotik waktu tertentu/24 jam dan jumlah sel bakteri enterik jam ke-0 dengan selisih jumlah sel bakteri enterik pada media glukosa waktu tertentu/24 jam dan jumlah sel bakteri enterik jam ke-0 (Huebner dkk., 2007).

$$\text{Prebiotic activity score} = \left\{ \frac{(\text{probiotic log cfu/ml on the prebiotic at 24 h} - \text{probiotic log cfu/ml on the prebiotic at 0 h})}{(\text{probiotic log cfu/ml on the glucose at 24 h} - \text{probiotic log cfu/ml on the glucose at 0 h})} \right\} - \left\{ \frac{(\text{enteric log cfu/ml on the prebiotic at 24 h} - \text{enteric log cfu/ml on the prebiotic at 0 h})}{(\text{enteric log cfu/ml on the glucose at 24 h} - \text{enteric log cfu/ml on the glucose at 0 h})} \right\}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelarutan Inulin

Inulin umbi gembili yang dikeringkan dengan *cabinet dryer* mempunyai kelarutan 79,09%. Pengeringan dengan metode *foam mat drying* dapat meningkatkan kelarutan inulin menjadi 89,96%. Inulin komersial sebagai standar memiliki kelarutan 100%. Kelarutan inulin dapat dilihat pada Tabel 1. Kelarutan inulin disebabkan oleh gugus-gugus hidroksil (OH) yang dimiliki inulin yang menyebabkan inulin bersifat polar, sehingga mudah larut dalam air. Kenaikan kelarutan pada inulin umbi gembili yang dikeringkan dengan *foam mat drying* disebabkan karena adanya udara yang terperangkap pada saat pembentukan *foam*, sehingga dihasilkan inulin kering yang lebih keropos (*porous*). Sifat keropos tersebut lebih mudah ditembus air pada saat dilarutkan. Kumalaningsih (2004), menyatakan bahwa bahan yang dikeringkan dengan metode *foam mat drying* mempunyai ciri khas yaitu struktur remah, mudah menyerap air dan mudah larut dalam air.

Tabel 1. Kelarutan, daya serap air, kekuatan gel dan kadar air inulin umbi gembili yang dikeringkan dengan *cabinet drying* (Inulin KR), *foam mat drying* (Inulin FM) dan *spray drying* (Inulin SD)

Karakteristik fisiko-kimia	Inulin KR	Inulin FM	Inulin SD
1. Kelarutan (%)	79,09±1,7 ^a	89,97±1,21 ^b	100±0,0 ^c
2. Daya serap air (%)	12,39±0,97 ^a	34,39±0,49 ^b	50,10±0,15 ^c
3. Kekutan gel (N)	0,1295±0,01 ^c	0,0929±0,006 ^b	0,0025±0,0004 ^a
4. Kadar air	10,55±0,15 ^{ab}	9,29±0,09 ^b	4,00±1,0 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda yang mengikuti angka pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata (p<0,5)

Daya Serap Air

Inulin umbi gembili yang dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* mempunyai daya serap air 12,38%. Pengeringan dengan metode *foam mat drying* dapat meningkatkan daya serap air inulin menjadi 34,39%. Inulin komersial yang dikeringkan dengan metode *spray drying* memiliki daya serap air 50,10%. Daya serap air inulin umbi gembili dapat dilihat pada Tabel 1. Daya serap air pada inulin disebabkan oleh gugus hidroksil (OH) bebas yang dimiliki inulin. Kenaikan daya serap air inulin yang dikeringkan dengan metode *foam mat drying* disebabkan karena banyaknya udara yang terperangkap pada saat pembentukan *foam* menyebabkan semakin banyak gugus OH bebas pada molekul inulin sehingga lebih mudah mengikat uap air dari sekelilingnya. Menurut Kumalaningsih (2004), bubuk kering yang dihasilkan dari metode *foam mat drying* mempunyai densitas atau kerapatan yang rendah sehingga mudah mengikat uap air dari sekelilingnya.

Kekuatan Gel

Inulin umbi gembili yang dikeringkan dengan metode *cabinet drying* memiliki kekuatan gel 0,1295 N. Pengeringan dengan metode *foam mat drying* dapat menurunkan kekuatan gel inulin menjadi 0,0929 N. Inulin komersial yang dikeringkan dengan metode *spray drying* memiliki kekuatan gel 0,0025 N. Kekuatan gel inulin dapat dilihat pada Tabel 1. Prinsip pembentukan gel hidrokolloid terjadi karena adanya pembentukan jala atau jaringan tiga dimensi oleh molekul dengan memerangkap sejumlah air di dalamnya. Terjadi ikatan silang pada polimer-polimer yang terdiri dari molekul rantai panjang dalam jumlah yang cukup sehingga terbentuk bangunan tiga dimensi yang kontinyu dan molekul pelarut akan terjebak didalamnya. Terjadi immobilisasi molekul pelarut dan terbentuk struktur yang kaku dan tegar yang tahan terhadap gaya maupun tekanan tertentu. Gelatinisasi merupakan fenomena yang melibatkan penggabungan, atau terjadinya ikatan silang antar rantai-rantai polimer (Ronkart dkk., 2010). Terjadinya penurunan kekuatan gel inulin yang dikeringkan dengan metode *foam mat drying* karena adanya udara yang terperangkap dapat menghalangi terbentuknya ikatan silang

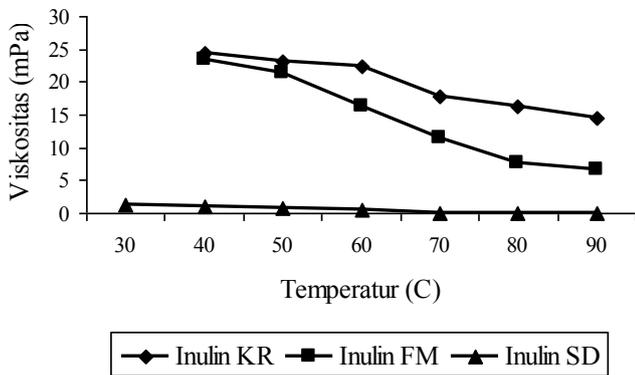
antar rantai polimer. Kekuatan gel inulin komersial (inulin SD) yang dikeringkan dengan metode *spray drying* lebih rendah dibandingkan dengan inulin umbi gembili (inulin FM dan inulin KR), hal ini disebabkan karena struktur inulin SD bersifat amorf, sehingga lebih sulit untuk membentuk ikatan silang antar rantai polimer dibandingkan inulin gembili yang bersifat semi kristalin (Hebette dkk., 1998).

Kadar Air Inulin

Pembentukan *foam* (buih) pada proses pengeringan dapat menurunkan kadar air inulin umbi gembili (Tabel 1). Hal ini disebabkan karena adanya udara yang terperangkap dalam larutan inulin dapat menurunkan tegangan permukaan (*interface*) antar molekul dalam larutan tersebut sehingga mempermudah penguapan air pada proses pengeringan. Semakin banyak air yang dapat diuapkan maka kadar air dalam bahan kering semakin kecil. Hal ini sesuai dengan Wilde dan Clark (1996), bahwa gelembung-gelembung gas yang terperangkap dalam suatu lapisan tipis pada proses *foaming* akan mempermudah proses penguapan air sehingga menghasilkan bubuk kering yang memiliki densitas rendah.

Viskositas Inulin

Viskositas inulin kering dari umbi gembili diukur pada konsentrasi 10% (b/v), mulai suhu 90 °C hingga suhu turun sampai 30 °C. Viskositas inulin umbi gembili dan inulin komersial dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka viskositas semakin kecil. Hal ini disebabkan karena gaya gesek antar molekul semakin kecil, sehingga larutan semakin encer dan viskositas semakin kecil. Viskositas adalah suatu ketahanan internal fluida untuk mengalir yang mengindikasikan besarnya pergesekan fluida. Semakin tinggi suhu, jarak antar molekul semakin jauh sehingga gaya gesek semakin rendah dan viskositas inulin semakin menurun (Phelps, 1965).



Gambar 2. Viskositas Inulin KR (pengeringan dengan *cabinet drying*), Inulin FM (pengeringan dengan *foam mat drying*), dan Inulin SD/inulin komersial (pengeringan dengan *spray drying*).

Pengeringan inulin dengan metode *foam mat drying* dapat menurunkan viskositas inulin umbi gembili. Hal ini disebabkan karena banyaknya udara yang terperangkap pada saat pembentukan *foam* dapat meningkatkan jarak antar molekul dalam larutan, sehingga menurunkan gaya gesek antar molekul yang menyebabkan viskositas menurun (Phelps, 1965).

Kemurnian dan Derajat Polimerisasi

Inulin umbi gembili memiliki waktu retensi yang sama dengan inulin standar (inulin SD) yaitu 5,212 menit. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa luas area inulin standar 100%, inulin KR luas area 92,994% dan inulin FM 85,828%. Berdasarkan luas area tersebut dapat dihitung kemurnian inulin KR adalah 73,585% dan kemurnian inulin FM adalah 66,340%.

Inulin standar yang digunakan adalah inulin yang diisolasi dari umbi chicory dengan berat molekul 990,8. Jika waktu retensi inulin umbi gembili sama dengan inulin standar, maka diasumsikan berat molekul inulin umbi gembili sama dengan berat molekul inulin standar. Berdasarkan berat molekul inulin tersebut maka jumlah polimer inulin gembili dapat dihitung sebagai berikut:

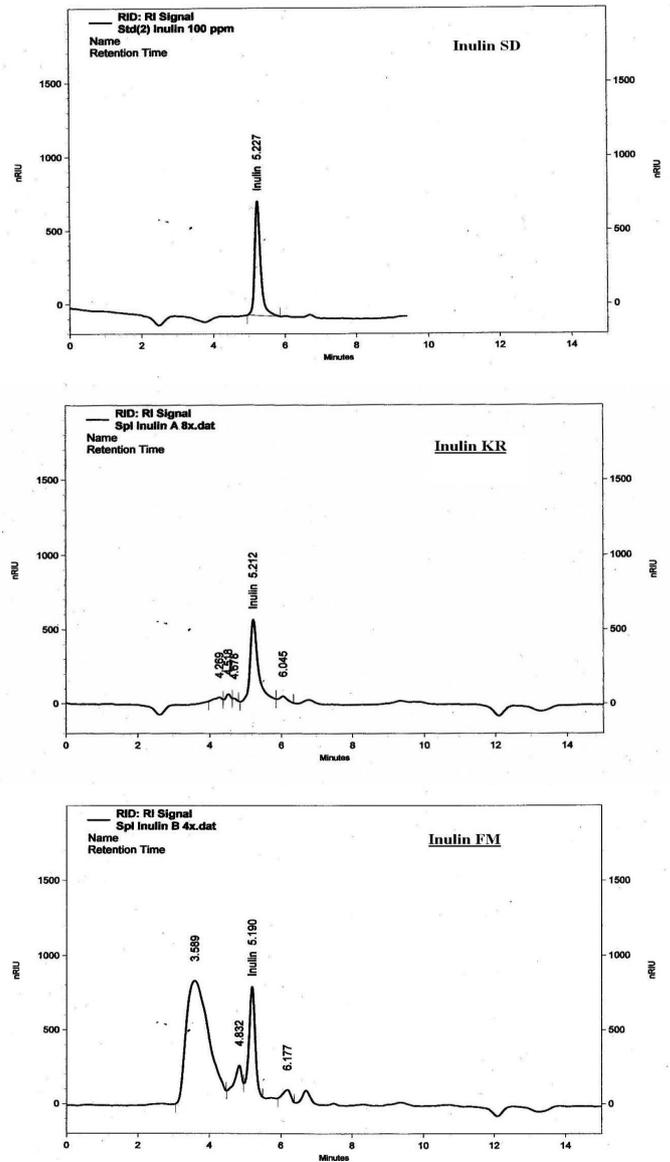
$$\begin{aligned}
 990,8 \text{ (BM inulin)} &= (C_6H_{10}O_5)_n + H_2O \\
 &= (162)n + 18 \quad \text{maka} \\
 162 n &= 990,8 - 18 \\
 n &= 6,0049
 \end{aligned}$$

Jadi derajat polimerisasi (DP) inulin gembili adalah 6.

Kristalinitas

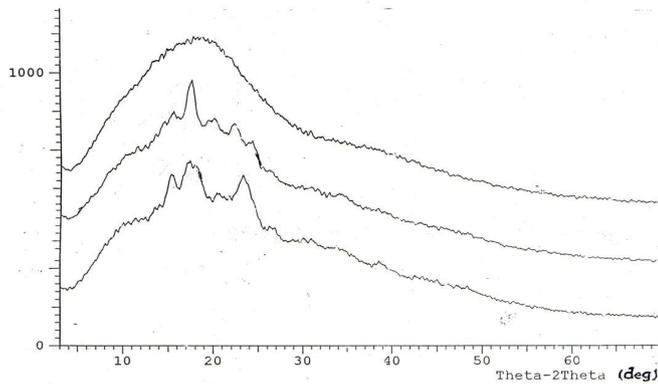
Kristalinitas (*Cristalinity*) adalah derajat kristalin dari suatu bahan. Kristalinitas dalam fungsinya digunakan untuk menunjukkan berapa banyak yang berbentuk kristal dan yang

tidak berbentuk kristal, selain itu juga dapat mencerminkan kecepatan pembekuan (Glibowski dan Pikus, 2011).



Gambar 3. Kemurnian inulin umbi gembili dengan *cabinet drying* (Inulin KR), *foam mat drying* (Inulin FM) dan inulin komersial (Inulin SD)

Inulin umbi gembili memiliki sifat kristalin yang ditunjukkan pada hasil analisis dengan X-Ray *diffractometer* (Gambar 4). Hal ini sesuai dengan pernyataan Berghofer dkk. (1993), bahwa larutan konsentrat inulin tanpa pengadukan yang didinginkan dari 95°C sampai 4 °C selama lebih dari 30 jam, inulin akan mengendap atau mengkristal sebagai senyawa tak berwarna/pucat yang dapat dipisahkan dengan penyaringan. Menurut Hebette dkk. (1998), larutan konsentrat inulin didinginkan pada 1°C/menit atau 0,25 °C/menit dari 96 °C menjadi 20°C, akan terbentuk bahan semi kristalin.



Gambar 4. Kristalinitas inulin umbi gembili dengan *cabinet drying* (Inulin KR), *foam mat drying* (Inulin FM) dan inulin komersial (Inulin SD)

Derajat kristalinitas dihitung berdasarkan rumus Wang dkk. (2008), dan menyatakan bahwa derajat kristalinitas pati atau bahan lain disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen antar dan intermolekul dalam sel. Hasil perhitungan derajat kristalinitas inulin disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran dan perhitungan derajat kristalinitas inulin gembili (Inulin KR dan FM) dan inulin komersial (Inulin SD)

Perhitungan/pengukuran difraktogram	Jenis Inulin		
	Inulin KR	Inulin FM	Inulin SD
Luas total area	86.779	78.036	87.185
Luas area amorf	66.312	67.335	83.086
Luas area kristalin	20.476	10.701	4.099
Derajat kristalinitas (%)	23,59	13,71	4,7

Pengeringan inulin dengan metode *foam mat drying* (inulin FM) dapat menurunkan derajat kristalinitas inulin umbi gembili yaitu dari 23,59% pada inulin KR menjadi 13,71% pada inulin FM. Hal ini disebabkan karena pengeringan dengan *foam mat drying* terjadi banyak udara terperangkap pada saat *foaming* sehingga dapat memutus ikatan hidrogen antar maupun intra molekul sehingga menurunkan derajat kristalin, karena derajat kristalin sangat ditentukan oleh banyak tidaknya ikatan hidrogen (Wang dkk., 2008). Inulin komersial sebagai standar (inulin SD) yang dikeringkan dengan *spray drying* (pengeringan sangat cepat) memiliki bentuk kristal yang amorf. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ronkart dkk. (2009); Glibowski dan Pikus (2011), apabila bahan dalam pembekuannya/pemadatannya berlangsung lambat maka akan terbentuk kristal yang banyak, sedangkan jika pembekuannya berlangsung cepat maka akan terbentuk kristal yang sedikit, dan jika pemebekuannya berlangsung dengan sangat cepat maka akan terbentuk kristal yang amorf.

Nilai Aktivitas Prebiotik Inulin Umbi Gembili

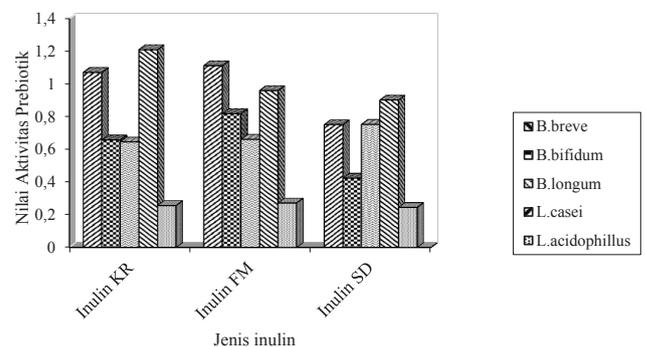
Untuk mengetahui nilai aktivitas prebiotik (*Score Prebiotics Activity*) maka harus diketahui jumlah total *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* maupun *E.coli*. Jumlah total bakteri tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah total *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* maupun *E.coli* pada media dengan sumber energi glukosa dan inulin

Kultur bakteri	Glukosa	Inulin		
		KR	FM	SD
<i>Bifidobacterium breve</i> BRL-131	7,34	8,54	8,75	7,82
<i>Bifidobacterium bifidum</i> BRL-130	7,88	8,89	8,99	7,95
<i>Bifidobacterium longum</i> ATCC-15707	8,38	8,83	8,60	9,04
<i>Lactobacillus casei</i> FNCC-90	7,18	8,39	8,28	7,95
<i>Lactobacillus acidophilus</i> FNCC-0051	7,59	8,52	7,71	7,52
<i>Escherichia coli</i> FNCC-195	8,74	7,88	7,90	7,78

Perbandingan nilai aktivitas prebiotik diantara inulin pada inkubasi 72 jam dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai aktivitas prebiotik inulin umbi gembili secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan inulin standar dari umbi *chicory*. Hal ini disebabkan karena derajat polimerisasi (DP) inulin umbi gembili lebih kecil (yaitu 6) dibandingkan dengan inulin standar (Febriline instant dengan DP 10), sehingga inulin umbi gembili lebih mudah digunakan untuk pertumbuhan *Bifidobacteria* maupun *Lactobacillus*, sehingga nilai aktivitas prebiotiknya lebih tinggi. Hal ini sesuai pernyataan Pompei dkk. (2008), bahwa pengaruh inulin terhadap pertumbuhan *Bifidobacteria* dan *Lactobacillus* tergantung pada derajat polimerisasinya.

Pengeringan inulin dengan metode *foam mat drying* dapat meningkatkan nilai aktivitas prebiotik pada *Bifidobacterium breve* BRL-131 dan *Bifidobacterium bifidum* BRL-130. Hal ini disebabkan adanya penambahan maltodekstrin sebagai bahan



Gambar 5. Nilai aktivitas prebiotik Inulin KR (pengeringan dengan *cabinet drying*), Inulin FM (pengeringan dengan *foam mat drying*), dan Inulin SD (pengeringan dengan *spray drying*), pada fermentasi 72 jam

pengisi, karena maltodekstrin juga termasuk karbohidrat yang memiliki kemampuan sebagai prebiotik. Hal ini sesuai pernyataan Oliveira dkk. (2011), bahwa maltodekstrin yang ditambahkan pada fermentasi susu skim dapat memacu pertumbuhan bakteri probiotik *Staphylococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*.

KESIMPULAN

Foaming pada pengeringan inulin umbi gembili dengan metode *foam mat drying* dapat meningkatkan kelarutan dari 79,09% menjadi 89,97%, daya serap air dari 12,39% menjadi 34,39%, dan nilai aktivitas prebiotik pada *Bifidobacteria breve* BRL-131 yaitu dari 1,071 menjadi 1,113 dan pada *Bifidobacterium bifidum* BRL-130 dari 0,658 menjadi 0,820.

Foaming pada pengeringan inulin umbi gembili dengan metode *foam mat drying* dapat menurunkan kekuatan gel dari 0,1295 N menjadi 0,0929 N, viskositas dari 14,47 mPa menjadi 6,7 mPa pada suhu 90°C, kadar air dari 10,55% menjadi 9,29%, kemurnian dari 73,585% menjadi 66,340% dan menurunkan derajat kristalinitas yaitu dari 23,59 menjadi 13,71. Inulin umbi gembili memiliki derajat polimerisasi (DP) 6 lebih rendah dari inulin standar yaitu 10, sehingga memiliki nilai aktivitas prebiotik rata-rata lebih tinggi yaitu 0,768±0,38 untuk inulin KR, 0,766±0,32 untuk inulin FM dibandingkan inulin SD dari umbi Chicory yaitu 0,616±0,27.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrizon, J., Morel, S., Gschaedler, A. dan Monsan, P. (2010). Comparison of the water-soluble carbohydrate composition and fructan structures of *Agave tequilana* plants of different ages. *Food Chemistry* **122**: 123-130.
- Berghofer, E., Cramer, A., Schmidt, V. dan Veighl, M. (1993). *Pilot-scale production of inulin from chicory roots and its use in foodstuffs*. In: Inulin and Inulin-containing crops. Elsevier Science, Amsterdam.
- Badan Pusat Statistik (2012). Nilai Impor Inulin, 2010. <http://www.bps.go.id/table.shtml>. [10 Juni 2011].
- Gibson, G.R., Beatty, E.R., Wang X. dan Cummings J.H. (1995). Selective stimulation of *Bifidobacteria* in human colon by oligofructosa and inulin. *Gastroenterology* **108**: 975-982.
- Glibowski, P. dan Pikus, S. (2011). Amorphous and crystal inulin behavior in a water environment. *Carbohydrate Polymers* **83**: 635-639.
- Hebette, C.L.M., Del Cour, J.A. dan Koch, M.H.J. (1998). Complex melting of semi crystalline chicory (*Cichorium intybus* L.) root inulin. *Carbohydrate Research* **310**: 1-2, 65-75.
- Huebner, J., Wehling, R.L. dan Hutkins, R.W. (2007). Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal* **17**: 770-775.
- Kudra, T. dan Ratti, C. (2006). *Foam-mat Drying: Energy and Cost Analyses*. CANMET Energy Technology Centre-Varennes, Varennes, Quebec J3X 1S6, Canada dan Departement of Soils and Agri-Food Engineering, Laval University, Quebec GIK 7P4, Canada.
- Kumalaningsih, S., Suprayogi dan Yudha, B. (2004). *Membuat Makanan Siap Saji*. PT. Trubus Agrisarana, Jakarta.
- Oliviera, R.P.D.S., Perego, P., Oliviera, M.N.D. dan Converti, A. (2011). Effect of inulin as a prebiotic to improve growth and count of a probiotic cocktail in fermented skim milk. *Food Science and Technology* **44**: 520-523.
- Park, K.J., Toneli, J.T.C.L., Elisabeth, F. dan Martinelli, P. (2006). *Optimization of Physical Concentration Process for Inulin*. School of Food Engineering, State University of Campinas (UNICAMP), Brazil.
- Phelps, C.F. (1965). The physical properties of inulin solutions. *Biochemical Journal* **95**: 41.
- Pompei, A., Cordisco, L., Raimondi, S., Amaretti, A. dan Pagnoni, U.M. (2008). In vitro comparison of the prebiotic effect of two inulin-type fruktans. *Anaerob* **14**: 280-286.
- Rajkumar, R., Kaillapan, R., Viswanathan dan Raghavan, G.S.V. (2006). Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in continuous type foam mat dryer. *Journal of Food Engineering* **79**(4): 1452-1459.
- Raharitsifa, N., Genovese D.B. dan Ratti, C. (2006). Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein dan methylcellulose. *Journal of Food Science* **71**(3): E142-E151.
- Roberfroid, M.B. (2005). Introducing inulin-type fruktans. *British Journal of Nutrition* **93**: (Suppl.1): S13-S25.
- Ronkart, S.N., Paquot, M., Fournies, C., Deroanne, C. dan Blecker, C.S. (2009). Effect of water uptake on amorphous inulin properties. *Food Hydrocolloids* **23**: 922-927.

- Ronkart, S.N., Paquot, M., Deroanne, C., Fougnes, C., Besbes, S. dan Blecker, C.S. (2010). Development of gelling properties of inulin by microfluidization. *Food Hydrocolloids* **24**: 318-324.
- Sardesai, V.M. (2003). *Introduction to Clinical Nutrition*. Ed ke-2. USA: Marcel Dekker, Inc on: Herb Panduan Hunters.
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakofn, S. dan Sophonronarit, S. (2008). Drying characteristics and quality of banana foam mat. *Journal of Food Engineering* **86**: 572-583.
- Toneli, J.T.C.L., Park, K.J., Ramalho, J.R.P., Murr, F.E.X. dan Fabbro, I.M.D. (2008). Rheological characterization of chicory root (*Cichorium intybus* L.) inulin solution. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* **25**(03): 461-471.
- Wang, X., Yuan, G.W., LiMing, Z., PeiGen, X., LiPing, Y., Yi, L., KeFeng, L. dan Guang, X.W. (2008). Study on the morphology, crystalline structure and thermal properties of yam starch acetates with different degrees of substitution. *Science in China Series B: Chemistry* **51**(9): 859-865.
- Wilde, P. J. dan Clark, D.C. (1996). *Foam Formation and Stability. Methods of Testing Protein Functionality*. G. M. Hall, Blackie Academic and Professional, page 111-152.
- Winarti, S., Harmayani, E. dan Nurismanto, R. (2011). Karakteristik dan profil inulin beberapa jenis uwi (*Dioscorea app.*). *Agritech* **31**(4): 378-383.
- Yuwono, S.S. dan Susanto, T. (2001). *Pengujian Fisik Pangan*. Universitas Brawijaya, Malang.