

PUBLIKASI PENELITIAN TERAPAN DAN KEBIJAKAN

e-ISSN: 2621-8119

<http://ejournal.sumselprov.go.id>

PENGARUH TAUTAN SILANG STPP (*SODIUM TRIPOLYPHOSPATE*) PADA PATI GANYONG, SINGKONG DAN TALAS TERHADAP KADAR PATI, AMILOSA, *SWELLING POWER* DAN *SOLUBILITY*

THE EFFECT OF ADDITION OF STPP ON STARCH, AMYLOSE SWELLING POWER AND SOLUBILITY IN STARCH OF CANNA, CASSAVA AND TARO

Nursanty*, Yenny Sugiarti

Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Sumatera Selatan

* Penulis Korepondensi, e-mail : santie_live@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to investigate the characteristics modified starch of canna, cassava and taro. The study used randomized factorial design with two factors treatments. Treatments A consists of three degrees and treatments B consists of four degrees and each treatment was replicated three times. Treatment consists of two types of starch (A1 = canna starch, A2 = cassava starch, A3 = taro starch) and the concentration of STPP (B0 = 0%, B1 = 0.5%, B2 = 1%, B3 = 1.5%). Starch content, amylose content, swelling power, solubility included in the parameters observed. The different types of starch and concentration STPP showed significant effect on the characteristics of the starch the results of the diversity analysis. The best characteristics of canna starch (A1B3), with a starch content of 80.15%, amylose content of 24.42%, swelling power 16.077 (g/g) and solubility 20.67%, while the best characteristics of cassava starch (A2B3), with a starch content of 61.91%, 23.85% amylose content, swelling power 17.157 (g/g) and 24.37% solubility and the best characteristics of taro starch (A3B3), with a starch content of 67.75%, 23.88% amylose content, swelling power 14.823 (g/g), and solubility 21.97%.

Keywords: *Sodium Tripolyphosphate, canna starch, cassava starch, taro starch, modified starch, swelling power, solubility.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Pengaruh Tautan Silang STPP (*Sodium Tripolyphosphate*) pada Pati Ganyong, Pati Singkong dan Pati Talas, terhadap Kadar Pati, Amilosa, *Swelling Power* dan *Solubility*. Rancangan yang digunakan pada penelitian adalah rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor perlakuan yaitu perlakuan A terdiri dari tiga taraf dan perlakuan B terdiri dari 4 taraf serta tiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Dua perlakuan terdiri dari jenis pati (A₁= pati ganyong A₂= pati singkong, A₃= pati talas) dan konsentrasi *Sodium Tripolyphosphate* (B₀= 0%, B₁= 0,5%, B₂= 1%, B₃= 1,5 %). Parameter yang diamati meliputi kadar pati, kadar amilosa, *swelling power*, *solubility*. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perbedaan jenis pati dan konsentrasi STPP (*Sodium Tripolyphosphate*) berpengaruh nyata pada karakteristik pati. Karakteristik pati ganyong terbaik yaitu pada perlakuan A₁B₃, dengan kadar pati 80,15%, kadar amilosa 24,42%, *swelling power* 16,077 dan *solubility* 20,67% sedangkan karakteristik pati singkong yang terbaik yaitu pada perlakuan A₂B₃, dengan kadar pati 61,91%, kadar amilosa 23,85%, *swelling power* 17,157 dan *solubility* 24,37% kemudian karakteristik pati talas terbaik yaitu pada perlakuan A₃B₃, dengan kadar pati 67,75%, kadar amilosa 23,88 %, *swelling power* 14,823, *solubility* 21,97%.

Kata kunci: *Sodium Tripolyphosphate, pati ganyong, pati singkong, pati talas*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penyajian yang praktis menjadi pola konsumsi masyarakat saat ini, seperti produk mie, roti, *cookies*, dan makanan ringan lainnya. Akibatnya terjadi peningkatan kebutuhan bahan berbasis tepung (Subagio, 2006). Tepung terigu merupakan tepung yang banyak digunakan untuk produk olahan pangan. Tepung terigu yang digunakan bukan merupakan hasil umbi-umbian Indonesia, sehingga kita harus mengimpor dan harga tepung terigu juga relatif mahal, jadi perlu dicari alternatif umbi-umbian lokal yang dapat menggantikan tepung terigu.

Indonesia kaya akan umbi-umbian yang dapat dimanfaatkan menjadi tepung ataupun pati sebagai pengganti atau sebagai substitusi tepung terigu pada beberapa produk. Penelitian-penelitian sebelumnya telah berhasil membuat tepung dan pati dari bahan dasar selain terigu sebagai bahan dasar produk-produk yang berbahan dasar tepung terigu, seperti mie, roti, *cookies*, dan lain-lain.

Sumatera Selatan banyak terdapat umbi-umbian yang dapat dikembangkan menjadi pati. Umbi-umbian yang potensial untuk dapat dikembangkan menjadi pati diantaranya adalah umbi ganyong, singkong dan talas. Ketiga pati tersebut memiliki keunggulan nilai gizi yang tinggi. Namun karena minimnya informasi, pemanfaatan pati ganyong, pati singkong dan pati talas masih terbatas (Harmayani *et al*, 2011). Pati asli seperti pati ganyong, pati singkong, pati talas, dan pati-pati lain mempunyai beberapa kelemahan jika dipakai sebagai bahan baku dalam industri pangan maupun non pangan (Hee-Young An, 2005). Dibutuhkan waktu yang lama dalam pengolahan pati, terbentuknya pasta yang keras dan tidak bening, sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan terhadap asam. Sebab itulah pati alami terbatas penggunaannya didalam industry (Kantouch dan Tawfik, 1998). Pada bidang teknologi pengolahan pati diperoleh petunjuk bahwa pati bisa dimodifikasi sesuai yang diinginkan. Modifikasi disini dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun enzimatis. Pati alami dapat dibuat menjadi pati termodifikasi dengan sifat sifat yang

dikehendaki atau sesuai dengan kebutuhan (Hee-Young An, 2005).

Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan modifikasi pati, diantaranya pengembangan *edible film* dengan menggunakan pati ganyong termodifikasi ikatan silang dengan menggunakan $POCl_3$ (Santoso *et al*, 2011) dan pati ganyong yang dimodifikasi secara hidrotermal dengan cara memanaskan pada temperature tinggi yaitu 100 °C dan 110 °C dalam rentan waktu tertentu 2,4 dan 6 jam (Kuswandari *et al*, 2013). Penelitian mengenai modifikasi tapioka dengan kombinasi reaksi hidrolisis asam dan reaksi fotokimia UV (Pudjihastuti, 2010). Beberapa penelitian tersebut menghasilkan karakteristik pati yang berbeda-beda. Dewasa ini metode yang banyak digunakan untuk modifikasi pati adalah modifikasi fisik yaitu dengan hydrothermal, sinar UV dan lain-lain sedangkan modifikasi kimia dengan asam, enzim, oksidasi dan ikatan silang (Koswara, 2006). Masing-masing metode modifikasi tersebut menghasilkan pati termodifikasi dengan sifat yang berbeda-beda.

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi pati ganyong, pati singkong dan pati talas secara kimia. Modifikasi kimia merupakan reaksi kimia ikatan silang antara gugus hidroksil pati dengan senyawa kimia tertentu, salah satunya yaitu dengan mereaksikan pati dengan reagen STPP (*sodium tripolyphosphate*), digunakannya reagen ini karena STPP merupakan salah satu bahan tambahan pangan garam pengemulsi yang diizinkan penggunaannya oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) sehingga aman untuk dikonsumsi dalam jumlah ambang batas tertentu. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan kajian pengaruh konsentrasi STPP terhadap pati ganyong, pati singkong, pati talas dan untuk mengetahui kadar pati, amilosa, *swelling power* dan *solubility*.

Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan STPP terhadap kadar pati, amilosa, *swelling power* dan *solubility* pada pati ganyong, pati singkong dan pati talas.

Hipotesis

Diduga dengan adanya proses modifikasi ikatan silang antara pati ganyong, pati singkong dan pati talas dengan STPP dapat memperbaiki karakteristik pati.

Rumusan Masalah

Bagaimana karakteristik pati ganyong, pati singkong dan pati talas yang termodifikasi ikatan silang dengan STPP.

Tinjauan Pustaka

Pembuatan pati merupakan bentuk pengolahan produk antara yang dapat memperpanjang masa simpan, pati yang digunakan pada penelitian ini adalah pati ganyong, pati singkong, dan pati talas.

Pati ganyong memiliki keunggulan nilai gizi yang tinggi, terutama karbohidrat dan mudah dicerna. Namun karena minimnya informasi, pemanfaatan pati ganyong masih terbatas. Produk olahan pati ganyong yang telah ada di antaranya mie sohun, kue basah, kue kering, dan cendol. Akan tetapi produk-produk tersebut masih kalah populer dibandingkan produk sejenis yang terbuat dari terigu atau tepung beras.

Singkong atau ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan salah satu sumber karbohidrat lokal Indonesia yang menduduki urutan ketiga terbesar setelah padi dan jagung. Tanaman ini merupakan bahan baku yang paling potensial untuk diolah menjadi tepung. Singkong segar mempunyai komposisi kimiawi terdiri dari kadar air sekitar 60%, pati 35%, serat kasar 2,5%, kadar protein 1%, kadar lemak, 0,5% dan kadar abu 1%, karenanya merupakan sumber karbohidrat dan serat makanan, namun sedikit kandungan zat gizi seperti protein (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Talas (*Colocasia esculenta*) merupakan umbi-umbian yang cukup populer di Indonesia. Pada umumnya talas hanya dimanfaatkan sebatas umbi segarnya saja yang diolah dengan cara direbus, disayur, digoreng, dan dibuat keripik. Menurut Haliza *et al* (2012) Talas memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi sumber bahan pangan alternatif dan sebagai bahan baku tepung-tepungan.

Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidroksilnya telah diubah lewat suatu

reaksi kimia (esterifikasi, sterifikasi atau oksidasi) atau dengan mengganggu struktur asalnya. Pati diberi perlakuan tertentu dengan tujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau untuk merubah beberapa sifat sebelumnya atau untuk merubah beberapa sifat lainnya. Perlakuan ini dapat mencakup penggunaan panas, asam, alkali, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia baru dan atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul pati (Tharanathan, 2005).

Pada penelitian ini STPP digunakan untuk memodifikasi pati ganyong secara kimia yaitu dengan kombinasi konsentrasi STPP dan lama perendaman STPP untuk mengetahui pengaruh modifikasi kimia terbaik. Modifikasi kimia merupakan reaksi kimia antara gugus hidroksil pati dengan senyawa kimia tertentu, salah satunya yaitu dengan mereaksikan pati dengan reagen STPP (*sodium tripolyphosphate*). Modifikasi ini dapat membentuk *monostarch phosphate* jika hanya satu gugus hidroksil dari pati yang bereaksi dengan fosfat yang berupa reaksi substitusi maupun *distarch phosphate* jika dua buah gugus hidroksil bereaksi dengan fosfat yang berupa reaksi *crosslinking* (Tharanathan, 2005). *Crosslinking* membentuk ikatan kimia yang lebih kuat sehingga saat suhu suspensi dinaikkan granula akan tetap utuh. Kelebihan dari pati *crosslinking* adalah meningkatnya suhu gelatinisasi pati, pati tahan pada pH rendah dan pengadukan (Megumi *et al.*, 2006).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September 2014 sampai bulan Desember 2014, bertempat di Laboratorium Kimia Hasil Pertanian Universitas Sriwijaya Inderalaya dan Laboratorium MIPA-Kimia Universitas Padjajaran Bandung.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah umbi ganyong, umbi singkong, ubi talas, STPP, gula halus, margarine, susu bubuk, telur ayam ras, HCl, aquades, buffer, reagen *nelson*, reagen

arsenomolibdat dan bahan kimia lain untuk analisis.

Metode Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang melibatkan 2 faktor perlakuan dengan 3 ulangan. Perlakuan pertama adalah perlakuan jenis pati dan perlakuan yang kedua adalah perbedaan konsentrasi STPP. Faktor perlakuan dan masing-masing tarafnya sebagai berikut :

Faktor I : Jenis Pati (A)

A₁ = Pati Ganyong

A₂ = Pati Singkong

A₃ = Pati Talas

Faktor II : Konsentrasi STPP (B)

B₀ = 0% (tanpa modifikasi)

B₁ = 0,5 %

B₂ = 1 %

B₃ = 1,5 %

Cara kerja penelitian dilakukan dalam tiga tahap yaitu penelitian tahap pertama pembuatan pati ganyong, pati singkong dan pati talas, tahap kedua modifikasi kimia pati ganyong dengan perlakuan konsentrasi STPP dan lama perendaman STPP untuk mengetahui pengaruh modifikasi kimia terbaik dan tahap ketiga aplikasinya pada pembuatan *cookies*.

Cara kerja untuk masing-masing tahap sebagai berikut :

Tahap Pembuatan Pati (Widhaswari dan Putri, 2014)

1. Pembersihan / pencucian umbi dari tanah dan kotoran;
2. Pengupasan kulit dengan menggunakan pisau;
3. Pencucian dengan air mengalir untuk menghilangkan getahnya;
4. Talas yang sudah direndam diparut dengan mesin parut;
5. Penyaringan pati dengan menggunakan kain kasa;

6. Hasil perasan pati didiamkan sampai terbentuk 2 fase, dimana bagian atas berupa air dan bagian bawah berupa pati;
7. Setelah terbentuk 2 fase, fase bagian atas dibuang dan fase bagian bawah dikeringkan;
8. Setelah dikeringkan, pati dihaluskan dengan cara diblender;
9. Pengayakan pati ganyong dengan ayakan 80 mesh; dan
10. Analisis pati.

Tahap Pembuatan Pati Talas (Widiawan et al, 2013)

1. Pembersihan / pencucian umbi dari tanah dan kotoran;
2. Pengupasan kulit dengan menggunakan pisau;
3. Pencucian dengan air mengalir untuk menghilangkan getahnya;
4. Perendaman dalam larutan garam 7,5% dengan perbandingan 4:1 (larutan garam : talas) selama 1 jam;
5. Talas yang sudah direndam diparut dengan mesin parut ;
6. Hasil parutan ditambahkan air dengan perbandingan 4:1 (air : talas), kemudian diaduk hingga rata;
7. Penyaringan pati dengan menggunakan kain kasa;
8. Hasil perasan pati didiamkan sampai terbentuk 2 fase, dimana bagian atas berupa air dan bagian bawah berupa pati;
9. Setelah terbentuk 2 fase, fase bagian atas dibuang dan fase bagian bawah dikeringkan;
10. Setelah dikeringkan, pati dihaluskan dengan cara diblender;
11. Pengayakan pati ganyong dengan ayakan 80 mesh; dan
12. Analisis pati.

Tahap Modifikasi Pati dengan STPP (Widhaswari dan Putri, 2014 yang telah dimodifikasi)

1. Pati sebanyak 15% dilarutkan dalam 100 ml larutan aquades, diaduk hingga merata;
2. Ditambahkan STPP (*Sodium Tripolyphosphate*) masing-masing

konsentrasi 0.5%; 1% dan 1,5% pada larutan pati (sesuai perlakuan);

3. Perendaman dengan STPP sambil dishaker;
4. Penyaringan larutan pati dengan kain saring sampai didapatkan endapan;
5. Endapan dicuci 2 kali dengan aquades 100 ml;
6. Pengeringan endapan dengan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 50-60 °C selama 12 jam;
7. Penghancuran chip kering dengan menggunakan *blender* menjadi pati termodifikasi;
8. Pengayakan pati termodifikasi dengan ayakan 80 mesh; dan
9. Analisis pati termodifikasi.

Pembuatan Cookies (Harmayani et al, 2011 yang telah dimodifikasi)

1. Dicampurkan 60 g margarin dan 50 g gula halus yang diaduk sampai homogen selama 3 menit;
2. Ditambahkan 1 butir telur ayam ras dan dilakukan pengadukan kembali sampai homogen;
3. Kemudian ditambahkan susu bubuk 10 g, pati 100 g dan baking powder 2 g;
4. Pengadukan dilakukan kembali sampai menjadi adonan dan bisa dicetak;
5. Pencetakan dilakukan dengan tebal 3 mm dan diameter 3 cm; dan
6. Kemudian dilakukan pengovenan dengan suhu 170 °C selama 15 menit.

Parameter

Analisis yang diamati pada penelitian ini pada tahap 1 dan 2 yaitu analisis kimia meliputi Kadar Pati (SNI 01-2892-1992), Pengujian Kadar Amilosa (Apriyantono *et al*, 1998), *Swelling power* (Leach *et al*, 1959), *Solubility* (Kainuma *et al*, 1967).

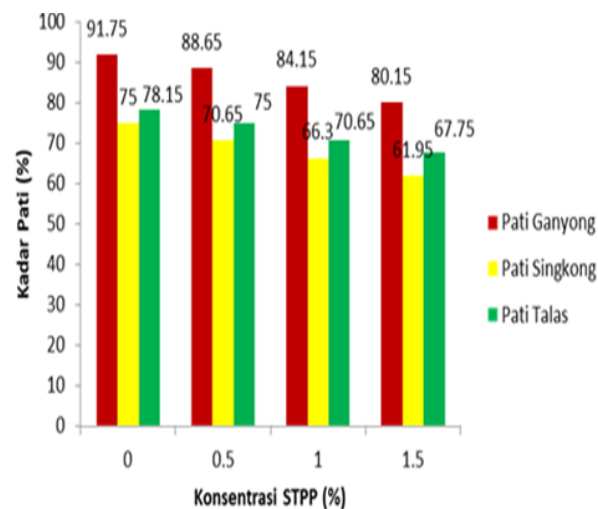
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kimia

Analisis Kadar Pati

Pati yang digunakan terdiri atas tiga sumber pati yaitu pati ganyong, pati singkong dan pati talas. Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa,

amilopektin dan material antara seperti, protein dan lemak Umumnya pati mengandung 15–30% amilosa, 70–85% amilopektin dan 5–10% material antara. Struktur dan jenis material antara tiap sumber pati berbeda tergantung sifat-sifat botani sumber pati tersebut (Greenwood *et al*, 1979). Ketiga sumber pati ini memiliki kadar pati yang berbeda-beda, seperti gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Perubahan Kadar Pati Pada Perlakuan Konsentrasi STPP

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perbedaan jenis pati berpengaruh nyata terhadap kadar pati yang dihasilkan. Hasil Uji BJND pengaruh perlakuan jenis pati terhadap kadar pati dapat dilihat secara berturut pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji BJND pengaruh jenis pati (A) terhadap kadar pati

| Perlakuan | Kadar pati (%) rerata | Jarak (p) | JNTD _{0,05(p)} | BJND _{0,05} |
|----------------|-----------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| A ₁ | 86,16 | - | - | a |
| A ₃ | 72,89 | 2 | 1,263 | b |
| A ₂ | 68,48 | 3 | 1,326 | c |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Uji lanjut Duncan pengaruh jenis pati terhadap kadar pati menunjukkan perlakuan A₁, A₂ dan A₃ berbeda nyata satu sama lain. Perbedaan kadar pati yang nyata dipengaruhi oleh perbedaan letak geografis dan unsur hara tanah yang tersedia, karena lingkungan tempat umbi tumbuh dan berkembang sangat mempengaruhi tinggi rendahnya kadar pati.

Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap kadar pati dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP (B) terhadap kadar pati.

| Perlakuan | Kadar pati (%) rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND _{0,05} |
|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|----------------------|
| B ₀ | 81,63 | - | - | a |
| B ₁ | 78,10 | 2 | 1,458 | b |
| B ₂ | 73,70 | 3 | 1,531 | c |
| B ₃ | 69,95 | 4 | 1,577 | d |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap kadar pati menunjukkan bahwa Perlakuan B₀, B₁, B₂ dan B₃ berbeda nyata satu sama lain. Penambahan konsentrasi STPP yang semakin banyak pada pati menghasilkan kadar pati yang semakin rendah. Hal ini disebabkan meningkatnya gugus fosfat yang dapat membentuk ikatan silang (*crosslinking*) pati dan mensubstitusi gugus OH sehingga kadar pati semakin menurun (Santoso *et al.*, 2011). Hasil uji BJND interaksi antara jenis pati dan konsentrasi STPP terhadap kadar pati dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji BJND pengaruh interaksi kedua perlakuan (A,B) terhadap kadar pati

| Perlakuan | Kadar Pati (%) Rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND 0,05 |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|-----------------|--------------|
| A ₁ B ₀ | 91,75 | - | - | a |
| A ₁ B ₁ | 88,65 | 2 | 2,525 | b |
| A ₁ B ₂ | 84,15 | 3 | 2,651 | c |
| A ₁ B ₃ | 80,15 | 4 | 2,732 | d |
| A ₃ B ₀ | 78,15 | 5 | 2,789 | d |
| A ₃ B ₁ | 75,00 | 6 | 2,831 | e |
| A ₂ B ₀ | 75,00 | 7 | 2,863 | e |
| A ₂ B ₁ | 70,65 | 8 | 2,889 | f |
| A ₃ B ₂ | 70,65 | 9 | 2,909 | f |
| A ₃ B ₃ | 67,75 | 10 | 2,926 | g |
| A ₂ B ₂ | 66,30 | 11 | 2,939 | g |
| A ₂ B ₃ | 61,95 | 12 | 2,951 | h |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Data pada tabel 3. menunjukkan bahwa kadar pati sebelum modifikasi, pati ganyong memiliki kadar pati yang paling tinggi dari tiga sumber pati yang digunakan yaitu perlakuan A₁B₀ dengan kadar pati sebesar

91,75% Hasil penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan kadar pati ganyong yang dianalisa oleh Harmayani *et al* (2011) yaitu sebesar 93,30% namun kadar pati hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan kadar pati hasil penelitian Santoso (2011) yaitu hanya sebesar 41,35%. Perbedaan kadar pati ganyong pada penelitian ini dengan penelitian lain diduga karena berasal dari daerah yang berbeda yang menyebabkan perbedaan iklim, unsur hara tanah dan ketinggian wilayah yang berbeda.

Kadar pati singkong sebelum modifikasi (A₂B₀) pada penelitian ini sebesar 75%. Kadar pati ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2011) yaitu kadar pati sebesar 43,21%. Sedangkan pada penelitian Syamsir *et al* (2010) kadar pati ubi kayu sebesar 81,19%.

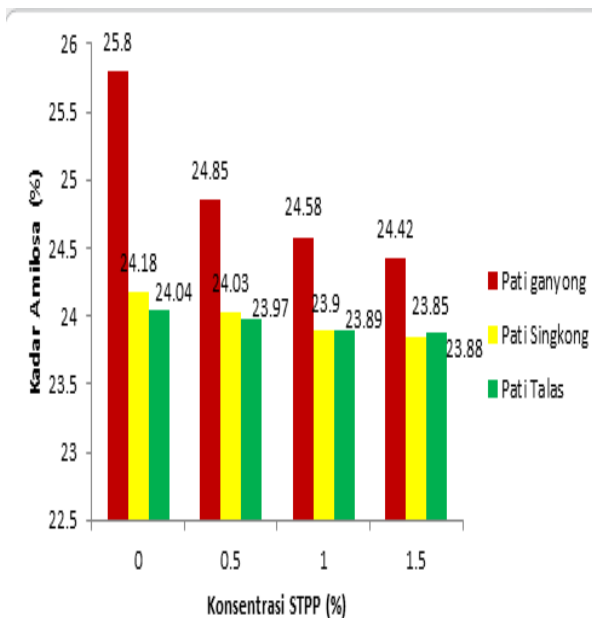
Kadar pati talas sebelum modifikasi yaitu pada perlakuan A₃B₀ yaitu sebesar 78,15 sedangkan pada hasil penelitian Rahmawati *et al* (2012) kadar pati talas sebesar 75%.

Hasil uji BJND pengaruh kedua perlakuan terhadap kadar pati menunjukkan bahwa perlakuan A₁B₀, A₁B₁, A₁B₂ dan A₂B₃ berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan A₁B₃ dan A₃B₀ tidak berbeda nyata satu sama lain. A₃B₁ dan A₂B₀ berbeda tidak nyata satu sama lain. Perlakuan A₁B₁ berbeda tidak nyata dengan A₃B₂. Sedangkan perlakuan A₃B₃ dan A₂B₂ juga berbeda tidak nyata satu sama lain.

Kadar pati yang telah dimodifikasi mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi STPP. Menurut Santoso (2011), hal ini disebabkan jembatan hidrogen pada molekul pati disubstitusi oleh senyawa fosfat sehingga terbentuk jembatan fosfat pada molekul pati dan jembatan ini apabila dianalisa tidak terdeteksi sebagai senyawa pati sehingga menyebabkan kadar pati semakin menurun dengan semakin banyaknya jembatan fosfat yang terbentuk.

Analisis Kadar Amilosa

Nilai kadar amilosa berkisar antara 23,85% hingga 25,80%. Kadar amilosa semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi STPP. Rata-rata kadar amilosa yang diperoleh pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan Kadar Amilosa Pada Perlakuan Konsentrasi STPP

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perbedaan jenis pati berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa yang dihasilkan. Hasil Uji BJND pengaruh perlakuan jenis pati terhadap kadar pati dapat dilihat secara berturut pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji BJND pengaruh jenis pati (A) terhadap kadar amilosa.

| Perlakuan | Kadar amilosa (%) rerata | Jarak (p) | JNTD _{0,05(p)} | BJND _{0,05} |
|----------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| A ₁ | 24,91 | - | - | a |
| A ₂ | 23,99 | 2 | 0,02883 | b |
| A ₃ | 23,96 | 3 | 0,03026 | c |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Uji lanjut Duncan pengaruh jenis pati terhadap kadar amilosa menunjukkan perlakuan A₁, A₂ dan A₃ berbeda nyata satu sama lain. Perbedaan kadar amilosa yang nyata dipengaruhi oleh perbedaan jenis pati dan juga berdasarkan letak geografis serta unsur hara tanah yang tersedia, karena lingkungan tempat umbi tumbuh dan berkembang sangat mempengaruhi tinggi rendahnya kadar amilosa. Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap kadar amilosa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP (B) terhadap kadar amilosa.

| Perlakuan | Kadar amilosa (%) rerata | Jarak (p) | JNTD _{0,05(p)} | BJND _{0,05} |
|----------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| B ₀ | 24,68 | - | - | a |
| B ₁ | 24,28 | 2 | 0,03336 | b |
| B ₂ | 24,12 | 3 | 0,03502 | c |
| B ₃ | 24,09 | 4 | 0,03607 | c |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap kadar amilosa menunjukkan bahwa Perlakuan B₀ dan B₁ berbeda nyata satu sama lain. Sedangkan B₂ dan B₃ tidak berbeda nyata satu sama lain. Penambahan konsentrasi STPP yang semakin banyak pada pati menghasilkan kadar amilosa yang semakin rendah. Hal ini sama seperti yang terjadi pada kadar pati, dimana penurunan kadar amilosa disebabkan meningkatnya gugus fosfat yang dapat membentuk ikatan silang (*crosslinking*) pati dan mensubstitusi gugus OH sehingga kadar amilosa semakin menurun (Santoso *et al*, 2011). Hasil uji BJND interaksi antara jenis pati dan konsentrasi STPP terhadap kadar amilosa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji BJND pengaruh interaksi kedua perlakuan (A,B) terhadap kadar amilosa

| Perlakuan | Kadar Amilosa (%) Rerata | Jarak (p) | JNTD _{0,05(p)} | BJND _{0,05} |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| A ₁ B ₀ | 25,80 | - | - | a |
| A ₁ B ₁ | 24,84 | 2 | 0,06029 | b |
| A ₁ B ₂ | 24,58 | 3 | 0,06329 | c |
| A ₁ B ₃ | 24,42 | 4 | 0,06519 | d |
| A ₂ B ₀ | 24,19 | 5 | 0,06652 | e |
| A ₃ B ₀ | 24,04 | 6 | 0,06750 | f |
| A ₂ B ₁ | 24,03 | 7 | 0,06825 | fg |
| A ₃ B ₁ | 23,98 | 8 | 0,06883 | g |
| A ₂ B ₂ | 23,90 | 9 | 0,06930 | h |
| A ₃ B ₂ | 23,89 | 10 | 0,06967 | h |
| A ₃ B ₃ | 23,86 | 11 | 0,06997 | h |
| A ₂ B ₃ | 23,85 | 12 | 0,07021 | h |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Hasil uji BJND pengaruh kedua perlakuan terhadap kadar amilosa menunjukkan bahwa perlakuan A₁B₀, A₁B₁, A₁B₂, A₁B₃ dan A₂B₀ berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan A₃B₀ dan A₂B₁ tidak berbeda

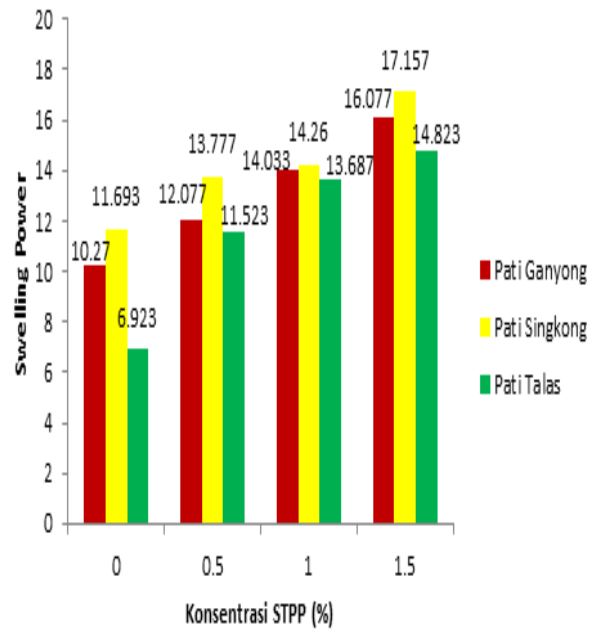
nyata satu sama lain dan A_2B_1 dan A_3B_1 berbeda tidak nyata satu sama lain. Perlakuan A_2B_2 , A_3B_2 , A_3B_3 dan A_2B_3 juga berbeda tidak nyata satu sama lain. Kadar amilosa yang telah dimodifikasi cenderung mengalami penurunan meskipun beberapa diantaranya berbeda tidak nyata. Menurut Santoso (2011), hal ini disebabkan oleh gugus OH oleh gugus OH pada amilosa diikat oleh gugus fosfat dari senyawa STPP sehingga sifat amilosa mengalami perubahan. Pengikatan gugus fosfat terhadap gugus hidroksil (OH) ini dapat dijelaskan dengan dua alasan, yaitu secara fisik dan secara kimia.

Secara fisik molekul amilosa mempunyai afinitas yang tinggi terhadap senyawa STPP ($Na_3P_5O_{10}$). Hal ini dikarenakan amilosa merupakan molekul yang berbentuk rantai lurus dan mempunyai gugus fungsional dengan posisi yang lebih terbuka sehingga lebih mudah terjangkau oleh senyawa STPP terutama gugus hidroksil (OH) pada atom C nomor 2. Secara kimia, gugus fungsional OH molekul amilosa khususnya pada atom C nomor 2 sangat bebas dan sangat mudah bereaksi dengan senyawa lain karena posisi sangat terbuka dibanding gugus fungsional OH pada atom C nomor 2 molekul amilopektin. Rantai cabang pada molekul amilopektin akan membentuk ikatan Hidrogen antar cabang yang satu dengan yang lain sehingga atom C nomor 2 akan tertutupi oleh rantai cabang yang berikatan tersebut. Hasil penelitian ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Lopez et al (2010) bahwa pati setelah modifikasi dengan menggunakan ikatan silang (*crosslinking*) secara signifikan ($\alpha=0,05$) menurunkan kadar amilosa.

Analisis Swelling Power

Swelling power merupakan suatu sifat yang mencirikan daya kembang suatu bahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain: perbandingan amilosa-amilopektin, panjang rantai dan distribusi berat molekul (BeMiller et al., 1997). Apabila kadar amilosa lebih tinggi maka pati akan bersifat kering, kurang lekat dan cenderung menyerap air banyak (higroskopik). Besarnya *swelling power* untuk setiap bahan pati berbeda, karena *swelling power* sangat menentukan sifat dan kegunaan dari pati. Berikut data *swelling power* dari

ketiga jenis pati seperti yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Swelling Power* dari Pati Ganyong, Pati Singkong dan Pati Talas pada berbagai perlakuan konsentrasi STPP

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perbedaan jenis pati berpengaruh nyata terhadap *swelling power* yang dihasilkan. Hasil Uji BJND pengaruh perlakuan jenis pati terhadap *swelling power* dapat dilihat secara berturut pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji BJND pengaruh jenis pati (A) terhadap *swelling power* (SP)

| Perlakuan | SP (g/g) rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND _{0,05} |
|----------------|-----------------|-----------|--------------|----------------------|
| A ₂ | 14,22 | - | - | a |
| A ₁ | 13,11 | 2 | 0,04163 | b |
| A ₃ | 11,74 | 3 | 0,04372 | c |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Uji lanjut Duncan pengaruh jenis pati terhadap *swelling power* menunjukkan perlakuan A₁, A₂ dan A₃ berbeda nyata satu sama lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi *swelling power* antara lain perbandingan amilosa-amilopektin, panjang rantai dan distribusi berat molekul (James N. Be Miller, et al., 1997). Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap *swelling power* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP (B) terhadap *swelling power* (SP)

| Perlakuan | <i>Swelling power</i> (g/g) rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND _{0,05} |
|----------------|------------------------------------|-----------|--------------|----------------------|
| B ₃ | 16,02 | - | - | a |
| B ₂ | 13,99 | 2 | 0,2953 | b |
| B ₁ | 12,46 | 3 | 0,3100 | c |
| B ₀ | 9,63 | 4 | 0,3195 | d |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap *swelling power* menunjukkan bahwa Perlakuan B₀, B₁, B₂ dan B₃ berbeda nyata satu sama lain. Penambahan konsentrasi STPP yang semakin banyak pada pati menghasilkan *swelling power* yang semakin tinggi. Hasil uji BJND interaksi antara jenis pati dan konsentrasi STPP terhadap *swelling power* dapat dilihat pada 9.

Tabel 9. Hasil Uji BJND pengaruh interaksi kedua perlakuan (A,B) terhadap *Swelling power*

| Perlakuan | <i>Swelling power</i> (g/g) Rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND 0,05 |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| A ₂ B ₃ | 17,16 | - | - | a |
| A ₁ B ₃ | 16,08 | 2 | 0,08327 | b |
| A ₃ B ₃ | 14,84 | 3 | 0,08743 | c |
| A ₂ B ₂ | 14,26 | 4 | 0,09010 | d |
| A ₁ B ₂ | 14,03 | 5 | 0,09197 | e |
| A ₂ B ₁ | 13,78 | 6 | 0,09336 | f |
| A ₃ B ₂ | 13,69 | 7 | 0,09442 | g |
| A ₁ B ₁ | 12,08 | 8 | 0,09526 | h |
| A ₂ B ₀ | 11,69 | 9 | 0,09594 | i |
| A ₃ B ₁ | 11,52 | 10 | 0,09648 | j |
| A ₁ B ₀ | 10,27 | 11 | 0,09693 | k |
| A ₃ B ₀ | 6,92 | 12 | 0,09729 | l |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

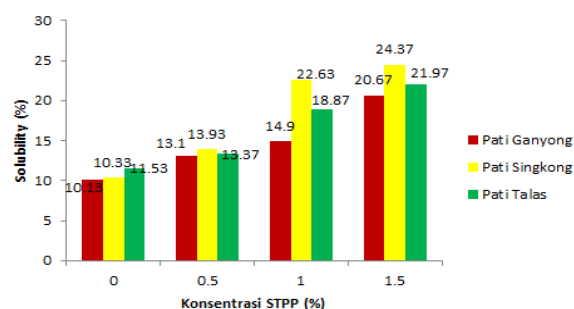
Hasil uji BJND pengaruh kedua perlakuan terhadap *swelling power* menunjukkan bahwa setiap perlakuan berbeda nyata satu sama lain. Dari data diatas diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi STPP semakin tinggi pula *swelling power*. Perlakuan perendaman dengan STPP memiliki nilai *swelling power* yang lebih tinggi daripada pati tanpa modifikasi. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Retnaningtyas *et al* (2014) semakin tinggi konsentrasi STPP dan lama perendaman dapat

meningkatkan *swelling power* pada pati ubi jalar oranye.

Semakin tinggi konsentrasi STPP akan semakin banyak gugus fosfat yang menggantikan gugus OH pada pati. Substitusi gugus fosfat pada pati melemahkan ikatan hidrogen pada pati sehingga air menjadi lebih mudah masuk ke dalam granula pati (Mutmainah *et al* (2013). Menurut Sasaki dan Matsuki, 1998 dalam Li dan Yeh (2001), terdapat korelasi yang negatif antara *swelling power* dengan kadar amilosa, semakin rendah kadar amilosa maka semakin tinggi *swelling power*.

Analisa Solubility

Solubility atau kelarutan dari ketiga jenis pati yang digunakan semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi STPP. Berikut data solubility dari ketiga jenis pati seperti yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Solubility dari Pati Ganyong, Pati Singkong dan Pati Talas pada berbagai perlakuan konsentrasi STPP.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perbedaan jenis pati berpengaruh nyata terhadap *solubility* yang dihasilkan. Hasil Uji BJND pengaruh perlakuan jenis pati terhadap *solubility* dapat dilihat secara berturut pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji BJND pengaruh jenis pati (A) terhadap *solubility*

| Perlakuan | <i>Solubility</i> (%) rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND _{0,05} |
|----------------|------------------------------|-----------|--------------|----------------------|
| A ₂ | 17,82 | - | - | a |
| A ₃ | 16,35 | 2 | 0,4739 | b |
| A ₁ | 14,70 | 3 | 0,4976 | c |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Uji lanjut Duncan pengaruh jenis pati terhadap *solubility* menunjukkan perlakuan

A₁, A₂ dan A₃ berbeda nyata satu sama lain. Kelarutan terkait dengan kemudahan molekul air untuk berinteraksi dengan molekul dalam granula pati dan menggantikan interaksi hidrogen antar molekul sehingga granula akan lebih mudah menyerap air dan mempunyai pengembangan yang tinggi. (Herawati, 2009). Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap *solubility* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP (B) terhadap *solubility*

| Perlakuan | <i>solubility</i> (%) rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND _{0,05} |
|----------------|------------------------------|-----------|--------------|----------------------|
| B ₃ | 22,33 | - | - | A |
| B ₂ | 18,80 | 2 | 0,5472 | b |
| B ₁ | 13,47 | 3 | 0,5746 | c |
| B ₀ | 10,56 | 4 | 0,5921 | d |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Hasil uji BJND pengaruh konsentrasi STPP terhadap *solubility* menunjukkan bahwa Perlakuan B₀, B₁, B₂ dan B₃ berbeda nyata satu sama lain. Penambahan konsentrasi STPP yang semakin banyak pada pati menghasilkan *solubility* yang semakin tinggi. Hasil uji BJND interaksi antara jenis pati dan konsentrasi STPP terhadap *solubility* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji BJND pengaruh interaksi kedua perlakuan (A,B) terhadap *solubility*

| Perlakuan | <i>Solubility</i> (%) Rerata | Jarak (p) | JNTD 0,05(p) | BJND 0,05 |
|-------------------------------|------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| A ₂ B ₃ | 24,37 | - | - | A |
| A ₂ B ₂ | 22,63 | 2 | 0,948 | b |
| A ₃ B ₃ | 21,97 | 3 | 0,995 | b |
| A ₁ B ₃ | 20,67 | 4 | 1,026 | c |
| A ₃ B ₂ | 18,87 | 5 | 1,047 | d |
| A ₁ B ₂ | 14,90 | 6 | 1,063 | e |
| A ₂ B ₁ | 13,93 | 7 | 1,075 | f |
| A ₃ B ₁ | 13,37 | 8 | 1,084 | f |
| A ₁ B ₁ | 13,10 | 9 | 1,092 | f |
| A ₃ B ₀ | 11,20 | 10 | 1,098 | g |
| A ₂ B ₀ | 10,33 | 11 | 1,103 | gh |
| A ₁ B ₀ | 10,13 | 12 | 1,107 | h |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata.

Hasil uji BJND pengaruh kedua perlakuan terhadap *solubility* menunjukkan bahwa perlakuan A₂B₃, A₁B₃, A₃B₂ dan A₁B₂ berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan A₂B₂

dan A₃B₃, berbeda tidak nyata dan untuk perlakuan A₂B₁, A₃B₁ dan A₁B₁ juga berbeda tidak nyata satu sama lain. Perlakuan antara A₃B₀ dan A₂B₀ berbeda tidak nyata satu sama lain sedangkan A₂B₀ tidak berbeda nyata dengan perlakuan A₁B₀.

Dari data diatas terlihat dengan bertambahnya konsentrasi STPP, semakin tinggi kelarutan. Hal ini sesuai dengan penelitian Teja *et al* (2008) pada pati sagu hasil modifikasi, baik secara asetilasi maupun *crosslinking*, memiliki *solubility* yang lebih tinggi dibandingkan dengan pati sagu tanpa modifikasi. Hal ini disebabkan oleh melemahnya ikatan hidrogen di dalam pati yang dimodifikasi. Melemahnya ikatan hidrogen di dalam pati memudahkan air untuk masuk ke dalam granula pati. Dengan semakin mudahnya air yang masuk maka kecenderungan untuk membentuk ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air lebih besar. Ikatan hidrogen inilah yang menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga pati tersebut dapat larut. Ketika pati dipanaskan dalam air yang berlebih, ikatan hidrogen, yang menstabilkan struktur pati, putus dan digantikan dengan ikatan hidrogen antara pati dan air. Hal inilah yang menyebabkan granula pati mengembang dan memudahkannya untuk larut di dalam air.

Perbandingan antara amilosa dan amilopektin akan berpengaruh terhadap sifat kelarutan pati. Amilopektin bersifat tidak larut dalam air. Pada proses modifikasi semakin tinggi konsentrasi STPP semakin banyak senyawa amilopektin yang tereduksi sehingga pati yang dihasilkan semakin mudah larut dalam air, sehingga menyebabkan kenaikan persen kelarutan. Hal yang sama juga terjadipada penelitian Pungky, (2006) yang memodifikasi pati singkong dengan proses asetilasi asam asetat dan Singh, (2004) pada modifikasi pati kentang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan Karakteristik pati ganyong dengan penambahan konsentrasi STPP 1,5% (A₁B₃), yaitu kadar pati 80,15%, kadar amilosa 24,42%, *swelling power* 16,077 (g/g) dan *solubility* 20,67% sedangkan karakteristik pati singkong dengan penambahan

konsentrasi STPP 1,5% (A₂B₃), yaitu kadar pati 61,91%, kadar amilosa 23,85%, *swelling power* 17,157 (g/g) dan *solubility* 24,37% kemudian karakteristik pati talas dengan penambahan konsentrasi 1,5% (A₃B₃), yaitu kadar pati 67,75%, kadar amilosa 23,88%, *swelling power* 14,823, *solubility* 21,97%.

SARAN

Dalam pembuatan makanan ringan sebaiknya menggunakan pati modifikasi (A₁B₃, A₂B₃ dan A₃B₃) sebagai pengganti terigu.

DAFTAR PUSTAKA

Apriyantono, A., D. Fardiaz, N.L. Puspitasari, Sedarnawati, dan S. Budijanto. 1998. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. PAU Pangan dan Gizi-IPB*. Bogor.

AOAC. 2005. *Official Methods Of An Analytical Chemistry*. AOAC International. United States Of America.

Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2013. *Tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Makanan Garam Pengemulsi*.

Greenwood, C.T. dan D.N. Munro.,1979, Carbohydrates. Di dalam R.J. Priestley,ed. *Effects of Heat on Foodstufs*. Applied Science Publ. Ltd., London.

Igura,M and Okazaki M. 2010. Cadmium Sorption Characteristics of Phosphorylated Sago Starch-Extraction Residue. *J Hazard Mater* 178:686-692.

Hanif, A., Bhatti HN., Hanif MA. 2009. Removal and Recovery of Cu(II) and Zn(II) Using Immobilized *Mentha Arvensis* Distillation Waste Biomass. *Ecol Eng* 35:1427-1434.

Harmayani, Eni., Agnes Murdiati dan Griyaningsih. 2011. *Karakteristik Pati Ganyong (Canna edulis) dan*

Pemanfaatannya Sebagai Bahan Pembuatan Cookies dan Cendol. *Agritech* 31(4):297-304.

Hee-Young An. 2005. *Effects of Ozonation and Addition of Amino acids on Properties of Rice Starches*. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana state University and Agricultural and Mechanical College. James N. Be Miller dan West Lafayette, 1997, *Starch Modification : Challenges and Prospects*, USA, Review 127-131.

Hung, P.V. dan Morita, N. (2005). *Physicochemical properties and enzymatic digestibility of starch from edible canna (Canna edulis) grown in Vietnam*. *Carbohydrate Polymers* 61: 314-321.

Kainuma K, Odat T and Cuzuki S. 1967. *Study of Starch Phosphates Monoesters*. *J. Technol, Soc. Starch*. 14:24 – 28.

Kantouch dan Tawfik. S.,1998, *Gelatinization of Hypochlorite Oxidized Maize Starch in Aqueous Solutions*. *Starch* 50 Nr.2-3.S.114-119.

Kent, N. L. 1986. *Quality Control in The Food Industry Vol 3 2nd edition*. Academic Piers, Inc. London.

Kisman, S., Anjarsari dan Sumiatsi. 2000. *Pengaruh jenis pengisi dan kadar sukrosa terhadap mutu dodol jerami nangka*. *Prosiding Seminar Nasional Makanan Tradisional*, Malang.

Koswara, 2006, *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebook Pangan.

Kuswandari, Yesti Maila., Olivia Anastria dan Dyah Hesti Wardhani. 2013. *Karakteristik Fisik Pati Ganyong (Canna Edulis Kerr)*. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(4):132-136.

Leach HW and Mc Cowen LD. 1959. *Schoch TJ Structure of the starch granules*. In: swelling and solubility patterns of

- various starches. *Cereal Chem.* 36:534 – 544.
- Liem, S and Seib, P.A. 1993. *Preparation and Pasting Properties of Wheat and Corn Starch Phosphate*. *J. Cereal Chem.* 70:137-143.
- Lopez, O.V., Zaritzky, N.E., and Garcia, M.A. 2010. *Physicochemical Characterization of Chemically Modified Corn Starches Related to Rheological Behavior, Retrogradation and Film Forming Capacity*. *J. Food Eng.* 100:160-168.
- Pudjihastuti, Isti. 2010. *Pengembangan Proses Inovatif Kombinasi Reaksi Hidrolisis Asam dan Reaksi Fotokimia UV Untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Tapioka*.
- Pungky, A. 2006. *Modifikasi cassava starch dengan proses acetylasi asam asetat untuk produk pangan*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Reddy, I and Seib, P.A. 2000. *Modified Waxy Wheat Starch Compared to Modified Waxy Corn Starch*. *J. Cereal Sci.* 31:25-39.
- Romengga, Jurion., Tun Tedja Irawadi., Retno Djulaika., Muntamah dan Ahmad Zakaria. 2011. *Sintesis Pati Sagu Ikatan Silang Fosfat Bederajat Substitusi Fosfat Tinggi Dalam Suasana Asam*. *J Teknol dan Industri Pangan.* XXII(2):118-124.
- Ruttenberg M.W and Solarek, D. 1984. *Starch Derivate: Production and uses dalam Whisler RL., BeMiller JN, Paschall EF editor Starch: Chemistry and Technology*. Tokyo: Academic Press. Inc.
- Santoso, Budi., Filli Pratama., Basuni Hamzah dan Rindit Pambayun. 2011. *Pengembangan Edible Film dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang*. *J. Teknol. Dan Industri Pangan.* XXII(2):105-109.
- Sasaki, T. dan Matsuki, J. 1998. *Effect of Wheat Starch on Structure on Swelling Power*. *Cereal Chemistry.* 75:525 – 529.
- Sefa-Dedeh, S and Agyir-Sackey, E.K. 2004. *Chemical Composition and the Effect of Processing on Oxalate Content of Cocoyam Xanthosoma Sagittifolium and Colocasia Esculenta Cornels*. *Food Chemistry.* 85: 479-487.
- Seib, P.A. dan Woo, K. 1999. *Food Grade Starch Resistant to Alpha Amylase and Method of Preparing The Same*. Kansas State University Research Foundation. US Patent: 5,855,946.
- Singh, J. 2004, *Effect of Acetylation on Some Properties of Corn and Potato Starches*, *Starch – Starke.* 56:586-601.
- Smith, P. S. 1982. *Starch Derivatives and Their Use in Foods*. In *Food Carbohydrate*. Edited by. D. R. Lineback and G.E. Inglet. Westport. Connecticut: AVI. Publ. Co. Inc.
- Subagio, Achmad. 2006. *Ubi Kayu, Substitusi Berbagai Tepung – Tepungan*. *Majalah Food Review Bulan April.* 1:18-21.
- Supratman, Unang. 2005. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik*. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Susilawati dan Medikasari. 2008. *Kajian formulasi tepung terigu dan tepung dari berbagai jenis ubi jalar sebagai bahan dasar pembuatan biskuit non-falky cracker*. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Tharanathan, R.N. 2005. *Starch-value Modified Addition by Modificaton*. *Critical Review in Food Sci and Nutr.* 45:371-384.

- Tharanathan, R.N. 2005. *Starch-Value Addition by Modification*. Departemen of Biochemistry and Nutrition. Central Food Technological Research Institute. India.
- Trout GR dan Schmit GR 1986. *Effect of Phosphates on the Functional Properties of Restructured Beef Rolls: The Role of pH, Ionic Strength, and Phosphate Type*. J. of Food Science. 51(6): 1416–23.
- Tuschhoff, J.V. 1989. Hydroxypropylated Starch. Didalam Wurburg, O.B. (Ed). *Modified Acid in Dried Guava During Storage*. J. Food Eng. 51:21-26.
- Van de Burgt, Y.E.M., Bergsma, J. Bleeker, I.P., Mijland, P.J.H.C, Kamerling, J.P and Vliegenthart, J.F.G. 2000. *Structural Studies on Methylated Starch Granules*. Reviews. Starch/Starke. 53:281-287.
- Wanrosli, WD., Rohaizu and Ghazali A. 2011. *Synthesis and Characterization of Cellulose Phosphate from Oil Palm Empty fruit Bunche Microcrystalline Cellulose*. Carbohydr Polym. 84:262-267.
- Widhaswari, Viprilia Andhita dan Widya Dwi Rukmi Putri. 2014. *Pengaruh Modifikasi Kimia Dengan STPP Terhadap Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu*. Jurnal Pangan dan Agroindustri. 2(3):121-128.
- Widiawan, I Made edi., K.A. Nociantri dan Nengah Kencana Putra. 2013. *Karakteristik Sifat Fisiko-Kimia Pati Talas Kimpul (Xanthosoma sagittifolium) Termodifikasi Dengan Metode Asetilasi*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan. 2(1):1-10.
- Winarno, F.G. 1995. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1997. *Pangan gizi teknologi dan konsumen*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Yuanita, Leni. 2008. *Penentuan Kadar STPP Food Grade Untuk Meningkatkan Masa Simpan Ikan Nila Tilapia (Oreochromis niloticus L.)*. Berk. Penel. Hayati. 13:179–186.
- Zhang, Z., Zhang Q., Wang J., Shi X., Song H ang Zhang J. 2009. *In vitro Antioxidant Activities of Acetylated, Phosphorylated and Benzoylated Derivatives of Porphyran Extracted from Porphyra Haitanensis*. Carbohydr Polym. 78:449-453.