

PENGARUH RASIO PATI DAN AIR SERTA KONSENTRASI Na_3PO_4 DALAM PEMBUATAN PATI JAGUNG (*Zea mays* L.) TERMODIFIKASI SECARA *CROSS-LINKING* DAN APLIKASINYA PADA SELAI TEMPE

Aspiyanto dan Agustine Susilowati

Pusat Penelitian Kimia - LIPI, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, TANGERANG

ABSTRAK

Dalam proses *cross-linking* pada pembuatan pati jagung termodifikasi (modified corn starch), rasio pati jagung dan air sebagai bahan baku serta konsentrasi Na_3PO_4 sebagai pereaksi merupakan faktor yang menentukan karakteristik perolehan pati jagung termodifikasi sebagai aditif makanan terutama pada kemampuannya dalam menahan terjadinya sineresis dan retrogradasi. Pembuatan pati jagung termodifikasi yang dilakukan sebagai upaya perolehan pengental merupakan penggalan potensi jagung (*Zea mays* L.). Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh rasio pati dan air serta konsentrasi Na_3PO_4 terhadap karakteristik pati jagung termodifikasi secara *cross-linking* dan aplikasinya dalam pembuatan selai tempe. Penelitian dilakukan dengan rasio pati dan air 1 : 0,75; 1 : 1,5; 1 : 2,25 dan 1 : 3 menggunakan Na_3PO_4 pada konsentrasi 0,3; 0,5 dan 0,7% (b/b pati kering) pada suhu proses 35°C selama 60 menit. Aplikasi pada pembuatan selai tempe dilakukan dengan pembubuhan 1% pati jagung termodifikasi dalam formulasi selai tempe. Analisis komposisi kimia dilakukan terhadap kandungan amilosa, amilopektin, air dan pati sedangkan terhadap sifat-sifat fisik pati dilakukan analisis terhadap densitas kamba, konsistensi gel dan viskositas pasta pati jagung termodifikasi pada suhu gelatinasi 90°C dan *water holding capacity* (WHC) pada selai tempe selama penyimpanan 1 - 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio pati dan air serta konsentrasi Na_3PO_4 berpengaruh terhadap komposisi kimia maupun sifat-sifat fisik perolehan pati jagung termodifikasi. Perlakuan pada rasio pati dan air 1 : 0,75 dengan Na_3PO_4 0,3% (b/b) merupakan kombinasi perlakuan terbaik yang menghasilkan pati jagung termodifikasi dengan kadar air 7,14%, pati 92,98%, amilosa 11,31%, amilopektin 65,31%, konsistensi gel 9,25 mm, densitas kamba 0,654 ml/gram, viskositas pada 90°C 3432 cps. Aplikasi produk pada selai tempe menunjukkan WHC 13,12% pada penyimpanan selama 7 hari.

Kata kunci: pati jagung termodifikasi, amilosa, amilopektin, *water holding capacity*, selai tempe

ABSTRACT

In preparation of modified corn starch through cross-linking method, corn starch-to-water ratio by weight and concentration of Na_3PO_4 are important factors affecting the characteristic of modified corn starch as food additives in order to minimize syneresis and retrogradation. Preparation of modified corn starch was conducted to explore potential resources of corn (*Zea mays* L.). The goal of this experiment was to study corn starch-to-water ratio by weight and concentration of Na_3PO_4 on characteristic of modified corn starch and its application in preparation of tempeh jam. This experiment was performed with varying of corn starch-to-water ratio by weight of 1 : 0.75; 1 : 1.5; 1 : 2.25 and 1 : 3 and concentration of Na_3PO_4 of 0.3, 0.5 and 0.7%, w/w of dry starch at 35°C for 60 minutes. Application of modified corn starch on preparation of tempeh jam has been carried out by adding 1% of modified corn starch into formulation of tempeh jam. Analysis of chemical composition consist of contents of amylose, amylopectin, water and starch, while physical test on starch include density, consistency of gel and viscosity of modified corn starch paste at gelation time of 90°C and water holding capacity (WHC) for 1 to 7 days. The result of the experiment showed that corn starch-to-water ratio and concentration of Na_3PO_4 affect on chemical composition and physical properties of modified corn starch. Corn starch-to-water ratio of 1 : 0.75 and Na_3PO_4 concentration of 0.3% were the best combination in preparation of modified corn

starch with contents of water of 7.14%, starch of 92.98%, amylose of 11,31%, amylopectin of 65.31%, gel consistency of 9.25 mm, density of 0.654 ml/gram, viscosity (at 90°C) 3,432 cps. Application of modified corn starch on tempeh jam showed WHC of 13.12% for 7 days.

Keywords: modified corn starch, amylose, amylopectin, water holding capacity, tempeh jam

PENDAHULUAN

Potensi pati jagung (*Zea mays*) sebagai aditif makanan saat ini belum optimal digunakan. Penggunaannya menjadi masih terbatas pada produk-produk pangan alternatif dan sifat-sifat fungsional sebagai pengental (*thickening agent*) dan penstabil (*emulsifier*) untuk produk-produk pangan belum tergali sepenuhnya. Pati jagung (*corn starch*) sebagai aditif makanan digunakan berdasarkan pertimbangan dan tujuan tertentu, terutama sebagai pengental untuk saus, sup, selai, penstabil emulsi, pembentuk gel, pengikat, pembungkus dan pelapis bening untuk daging, enkapsulasi maupun anti lengket pada gula serbuk dan *coating* pada produk-produk kentang goreng.

Kendala digunakannya pati jagung sebagai pengental adalah tingginya kandungan amilosa (28 %) dan amilopektin (72 %) yang menyebabkan mudahnya mengalami retrogradasi dan sineresis sehingga masa simpan produk pangan menjadi pendek (Winarno, 1984). Untuk mencegah terjadinya retrogradasi dan sineresis dilakukan modifikasi pati dengan membuat ikatan silang pada struktur molekul amilosanya. *Cross-linking* merupakan salah satu metode kimiawi yang pada prinsipnya adalah membuat rantai lurus amilosa pati jagung menjadi berikatan silang sehingga dihasilkan pati dengan struktur lebih kuat dan tidak mudah mengalami retrogradasi. Pembentukan ikatan silang terjadi melalui substitusi gugus-gugus karboksil antara dua molekul yang berbeda dalam satu granula (Wuzburg, 1986). Penggunaan garam-garam fosfat, seperti Na_3PO_4 yang merupakan pereaksi yang bersifat polifungsional dapat menyebabkan perubahan struktur molekul pati karena terjadinya ikatan dengan gugus hidroksil sehingga terbentuk ikatan silang dalam molekul pati. Jumlah ikatan silang ini bergantung pada konsentrasi fosfat yang direaksikan dengan memanaskan Na_3PO_4 pada campuran pati dan air dengan rasio tertentu. Untuk memperoleh pati jagung termodifikasi dengan sifat-sifat fisik dan kimia seperti yang diinginkan sebagai pengental, maka konsentrasi Na_3PO_4 dan rasio pati dan air merupakan faktor yang menentukan karakteristik pati pengental selain dari kondisi proses lainnya, seperti suhu dan waktu proses.

Sifat gelatinasi pati akan menjadi dasar dalam pembuatan produk-produk selai sebagai bahan pengental, pengisi maupun pengikat (*binder*). Pembengkakan granula pati dipengaruhi oleh adanya ikatan silang pada pati jagung dimana penggunaan Na_3PO_4 sebagai pereaksi akan mempengaruhi derajat ikatan silang yang terbentuk yang pada akhirnya akan mempengaruhi mutu fisik produk, terutama pada sifat fisik dan masa simpan oleh kemampuannya dalam menahan terjadinya sineresis. Alternatif penggunaan tempe lebih didasarkan atas kandungan bioaktifnya yang tinggi sehingga diperoleh makanan fungsional. Latar belakang lain adalah diversifikasi olahan tempe yang merupakan bagian dari pengawetan tempe (Susilowati *et al.*, 2001).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh rasio pati dan air serta konsentrasi Na_3PO_4 terhadap karakteristik pati jagung termodifikasi secara *cross-linking* dan aplikasinya dalam pembuatan selai tempe.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa pati jagung yang diperoleh dari PT SUBA INDAH, Jakarta. Peralatan yang digunakan adalah peralatan pembuatan pati jagung termodifikasi dan gelatinasi skala laboratorium. Peralatan analisis yang digunakan adalah peralatan gelas untuk analisis proksimat, spektrofotometer *UV-visible* (Spectronik, USA) dan viscometer DV-1.

Rancangan Penelitian

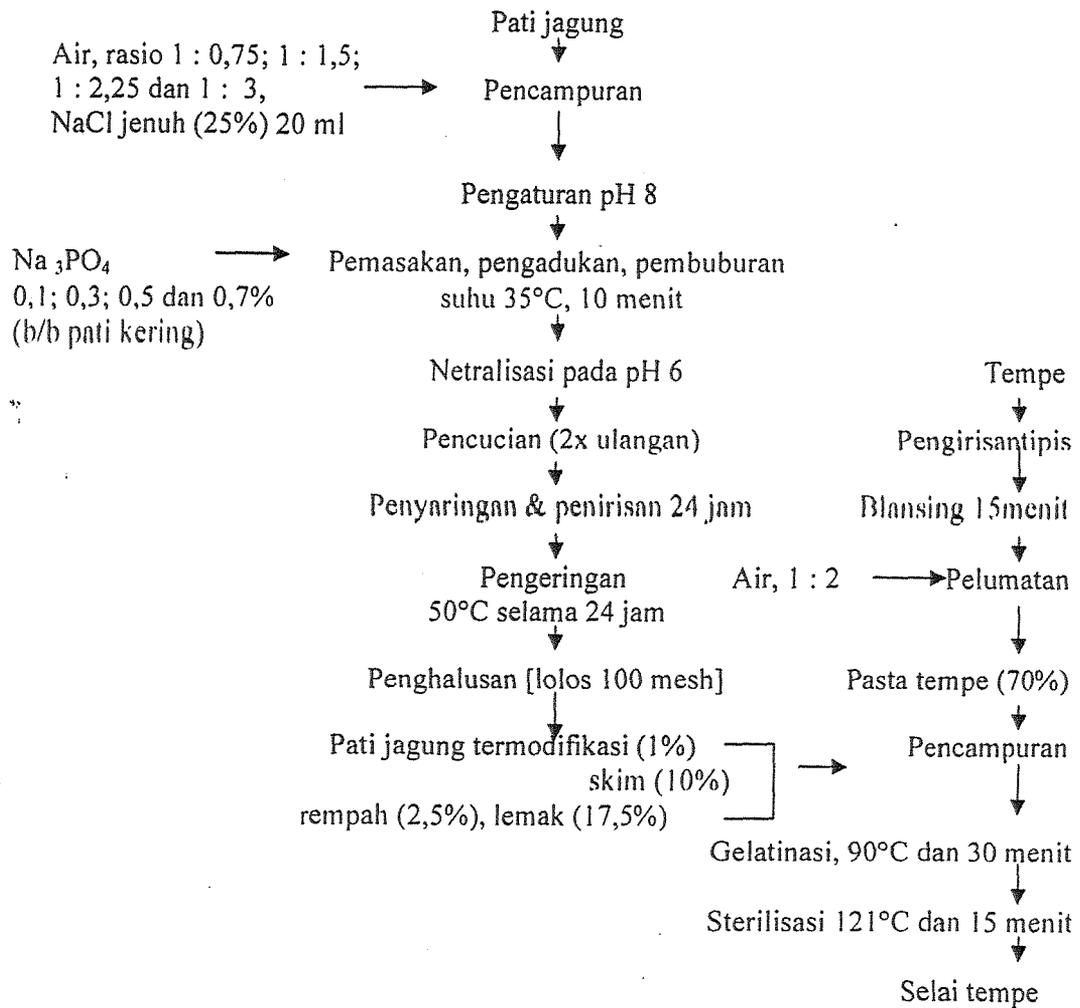
Penelitian dilakukan dengan variasi rasio pati dan air 1 : 0,75; 1 : 1,5; 1 : 2,25 dan 1 : 3 menggunakan garam fosfat Na_3PO_4 pada konsentrasi 0,1, 0,3, 0,5 dan 0,7% (b/b pati kering). Analisis dilakukan terhadap komposisi kimia bahan baku pati jagung, seperti kadar proksimat, perolehan pati jagung termodifikasi, seperti kadar air, pati, amilosa dan amilopektin (AOAC, 1995). Analisis fisik perolehan pati jagung termodifikasi dilakukan terhadap viskositas pada suhu 90°C, konsistensi gel, densitas kamba dan *water holding capacity* (WHC) dengan masa simpan produk aplikasi selama 7 hari. Rancangan percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 4 x 4 dengan 2 x ulangan (Gasperz, 1995).

Proses Pembuatan Pati Jagung Termodifikasi

Sejumlah pati jagung yang telah diketahui komposisi kimianya terutama kadar pati berat kering dicampur dengan air pada rasio pati dan air 1 : 0,75; 1 : 1,5; 1 : 2,25 dan 1 : 3 atas dasar berat kering dan ditambahkan larutan NaCl jenuh 20 ml pada pH 8. Campuran ini dipanaskan pada suhu 35°C disertai dengan pengadukan dalam *shaker water bath*. Setelah mencapai suhu proses yang diinginkan, ditambahkan larutan Na_3PO_4 0,1; 0,3; 0,5 dan 0,7% (b/b pati kering) dan diaduk masing-masing selama 60 menit. Perolehan bubur pati selanjutnya dinetralkan pada pH 6, dicuci dengan air sampai 2 x ulangan, disaring dengan penyaring vakum dan ditiriskan semalam dan kemudian dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam untuk selanjutnya dihaluskan dan diayak lolos 100 mesh sehingga diperoleh pati jagung termodifikasi (*modified corn starch*).

Proses Pembuatan Selai Tempe

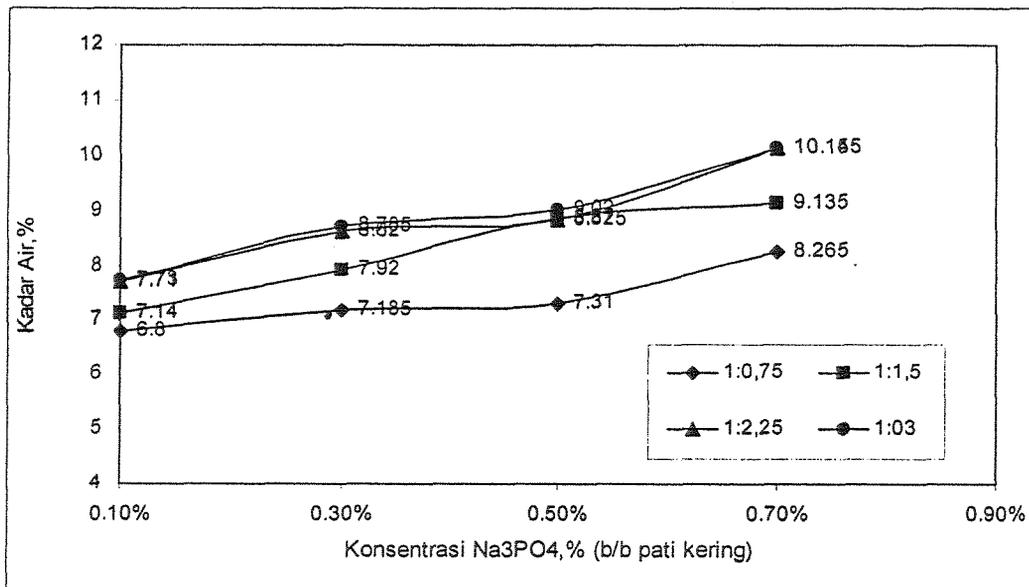
Sejumlah tempe diiris tipis, diblansing 15 menit, dilumatkan dengan penambahan air pada rasio tempe dan air 1 : 2 sehingga diperoleh pasta tempe. Formulasi selai tempe dilakukan dengan menambahkan campuran rempah (2,5%), susu skim (10%), lemak nabati (17,5%) dan pati jagung termodifikasi sebagai pengental 1% (b/b). Proses pemasakan (gelatinasi bahan) dilakukan pada suhu 90°C selama 30 menit disertai dengan pengadukan. Perolehan selai tempe selanjutnya dikemas dalam wadah kaca tertutup dan dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Proses pembuatan pati jagung termodifikasi dan aplikasinya pada selai tempe ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses *cross-linking* pada pembuatan pati termodifikasi dari pati jagung sebagai pengental dan aplikasinya pada selai tempe

HASIL DAN PEMBAHASAN

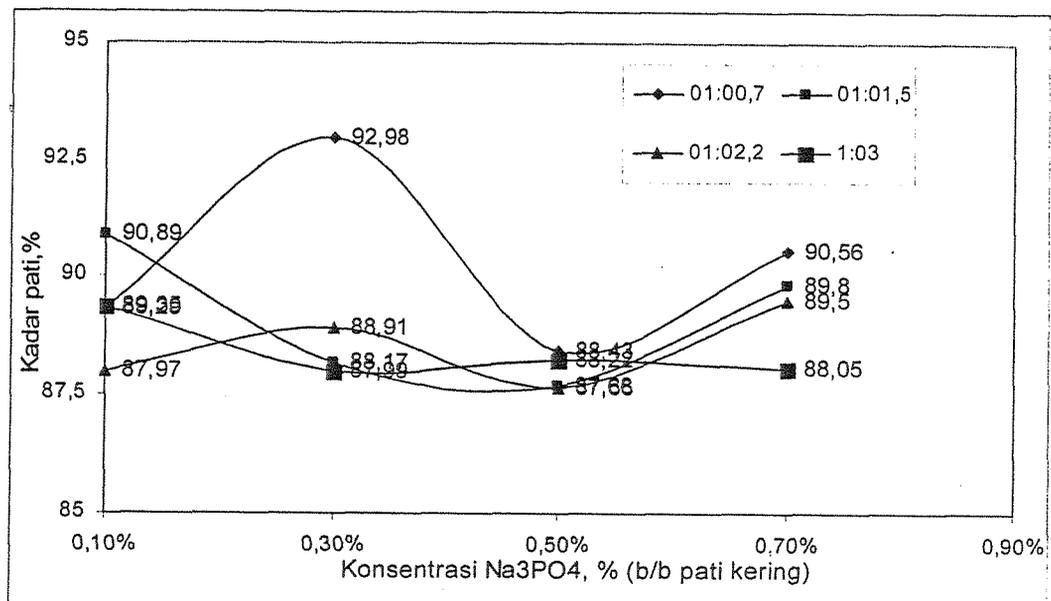
Perlakuan proses *cross-linking* dengan konsentrasi Na_3PO_4 dan interaksi antara konsentrasi Na_3PO_4 dengan rasio pati dan air menunjukkan perolehan pati produk dengan kadar air berbeda nyata namun tidak berbeda nyata pada perlakuan rasio pati dan air. Semakin tinggi konsentrasi Na_3PO_4 sejalan dengan kenaikan rasio pati dan air akan meningkatkan kadar air dalam pati produk, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi Na₃PO₄ dengan rasio pati dan air terhadap kadar air dari pati jagung termodifikasi pada suhu proses 35°C selama 60 menit

Kenaikan kadar air sejalan dengan kenaikan konsentrasi Na₃PO₄ ini kemungkinan berkaitan dengan semakin tingginya konsentrasi Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi Na₃PO₄ dengan rasio pati dan air terhadap kadar air Na₃PO₄ sehingga semakin besar substitusi gugus fosfat dalam mengsubstitusi OH⁺ yang menyebabkan semakin banyaknya ikatan silang rantai amilosa yang terbentuk. Keadaan ini disebabkan terjadinya substitusi gugus karboksil antara dua molekul yang berbeda dalam satu granula sehingga mempunyai struktur lebih kuat (Fleche, 1985). Selain itu, kadar air produk kemungkinan juga terkait dengan proses pengeringan pada kondisi tetap (50°C selama 24 jam) sehingga pada rasio pati dan air yang semakin besar kandungan air juga semakin tinggi. Dengan semakin besarnya rasio pati dan air maka memudahkan pengikatan garam Na₃PO₄ dengan amilosa dan amilopektin untuk memperoleh sifat-sifat fungsional pati produk yang optimal. Hal ini diperlihatkan pada perlakuan rasio pati dan air 1 : 0,75 dan Na₃PO₄ 0,1% yang menghasilkan kadar air terendah (6,8 %) dan rasio pati : air 1 : 3 dan Na₃PO₄ 0,17% tertinggi (10,15%). Tujuan pengeringan disini adalah untuk perolehan pati produk sampai diperoleh kadar air terendah sesuai dengan SNI untuk bahan pengental dengan kisaran kadar air <10%.

Terhadap kadar pati produk, perlakuan rasio pati dan air, konsentrasi Na₃PO₄ dan interaksi antara keduanya menghasilkan pati produk dengan kadar pati tidak berbeda nyata. Kombinasi perlakuan konsentrasi Na₃PO₄ 0,3% b/b pati kering pada rasio pati dan air 1 : 0,75 menunjukkan kadar pati tertinggi (92,98%) apabila dibandingkan dengan kombinasi perlakuan lain. Dengan semakin tingginya konsentrasi Na₃PO₄ dan rasio pati dan air, kadar pati cenderung menurun, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.

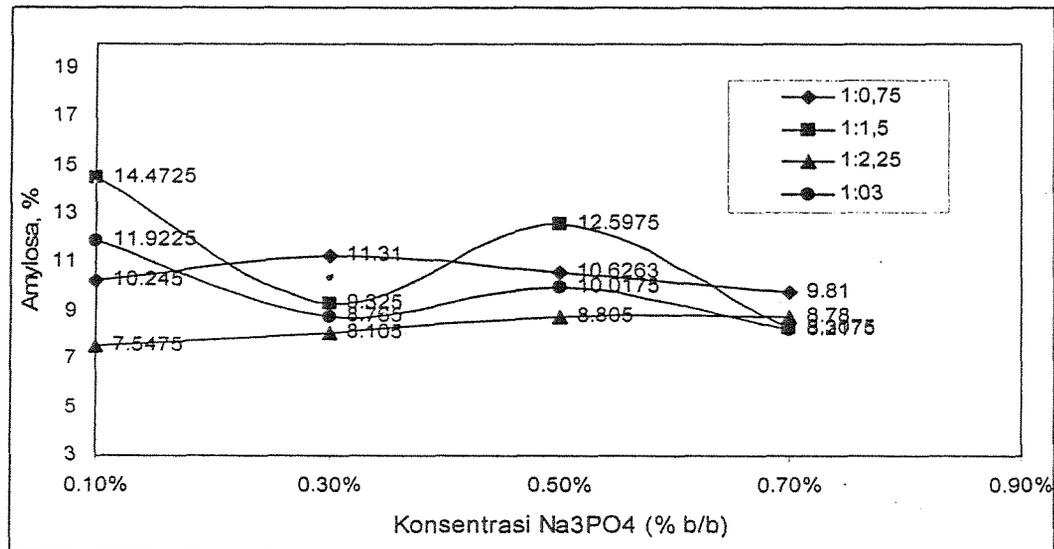


Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi Na_3PO_4 dengan rasio pati dan air terhadap kadar pati dari pati jagung termodifikasi pada suhu proses 35°C selama 60 menit

Penurunan ini diduga berhubungan dengan rasio air yang semakin besar meskipun konsentrasi Na_3PO_4 juga semakin besar. Dengan kata lain penambahan Na_3PO_4 tidak menunjukkan perubahan terhadap kadar pati. Keadaan ini kemungkinan disebabkan pada rasio pati dan air yang semakin besar, konsentrasi pati keseluruhan menjadi semakin kecil sedangkan suhu dan waktu proses serta proses-proses selanjutnya (pencucian, penyaringan) tidak menunjukkan kehilangan pati yang cukup berarti.

Perlakuan konsentrasi Na_3PO_4 dan interaksi rasio pati dan air dengan konsentrasi Na_3PO_4 menghasilkan produk pati dengan kadar amilosa berbeda nyata namun tidak berbeda nyata pada perlakuan rasio pati dan air. Semakin tinggi konsentrasi Na_3PO_4 semakin rendah kadar amilosa pada rasio pati dan air terendah (1 : 3), seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. Secara keseluruhan, terjadi penurunan kadar amilosa pati produk sejalan dengan penurunan rasio pati dan air dan konsentrasi Na_3PO_4 . Hal ini dimungkinkan disebabkan oleh konsentrasi pati yang semakin rendah dengan konsentrasi Na_3PO_4 yang semakin meningkat, akibatnya substitusi PO_4^{3-} menyebabkan amilosa tidak hanya mengalami ikatan silang tetapi juga kemungkinan mengalami pelarutan sebagian polimer granula pati karena sifat amilosa yang mudah dalam air panas (Malcom, 2001) sehingga pada kondisi proses dengan waktu yang lama (60 menit) meskipun menggunakan suhu proses yang cukup rendah (35°C). Meskipun demikian penurunan amilosa bukan merupakan acuan bahwa pembentukan ikatan silang semakin berkurang. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap pembentukan ikatan silang ditunjukkan dengan viscositas pati pada suhu gelatinasi optimal dan kemampuan menahan terjadinya sineresis atau mengikat air. Konsentrasi Na_3PO_4 0,3% pada rasio pati dan air 1 : 2,25 menghasilkan pati produk dengan kandungan amilosa terendah (8,005%) dan tertinggi (14,4725 %) pada rasio pati dan air 1 : 1,5 dengan konsentrasi Na_3PO_4 0,1%. Amilosa pada pati termodifikasi dengan konsentrasi rendah berperan penting dalam sifat fungsional pati termodifikasi sebagai pengental karena kemampuannya dalam menahan terjadinya retrogradasi atau proses pengkristalan kembali pati yang telah mengalami gelatinasi. Pada jumlah amilosa normal pada pati jagung yang besar (25%) molekul ini akan saling bersatu kembali dan berikatan dengan amilopektin pada pinggir luar granula membentuk jaringan-jaring mikrokristal dan mengendap sehingga dengan menurunnya jumlah amilosa

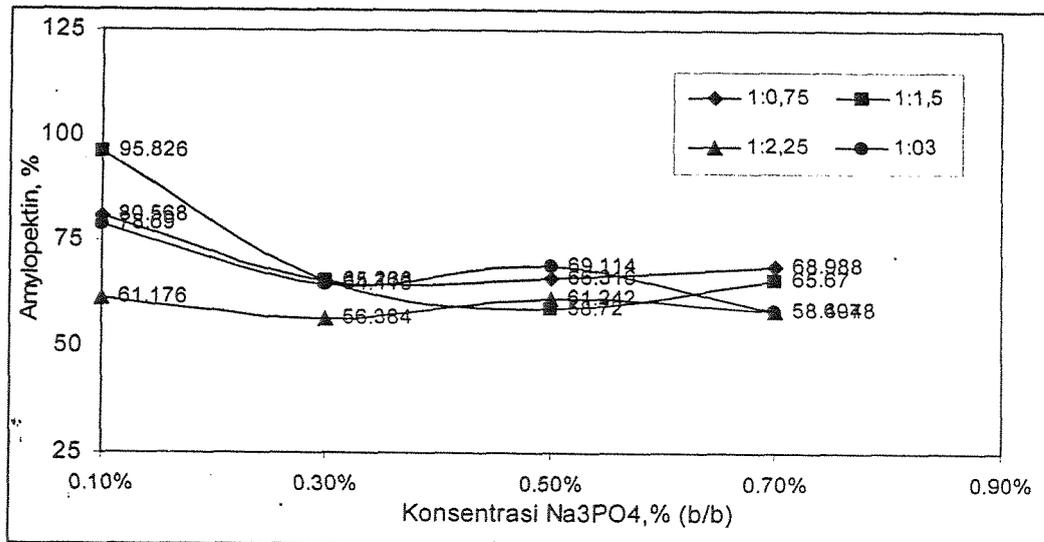
kemungkinan molekul ini untuk tidak saling menyatu kembali lebih besar dan kemungkinan retrogradasi akan lebih kecil.



Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi Na₃PO₄ dan kadar amilosa pada pati jagung termodifikasi dengan berbagai rasio pati dan pada suhu proses 35°C selama 60 menit

Kecenderungan ini juga ditunjukkan pada kadar amilopektin pati produk dimana seluruh perlakuan menghasilkan kadar amilopektin berbeda nyata. Amilopektin diduga berperan pada proses kristalisasi dan *birefringence* pati (Greenword, 1978). Semakin besar rasio pati dan air serta konsentrasi Na₃PO₄ yang semakin meningkat akan menurunkan kandungan amilopektin pati produk sejalan dengan peningkatan konsentrasi Na₃PO₄ dan rasio pati dan air, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5. Pada konsentrasi Na₃PO₄ < 0,3%, kadar amilopektin cenderung stabil pada seluruh rasio pati dan air. Keadaan ini kemungkinan terjadi oleh semakin rendahnya rasio pati dan air serta konsentrasi Na₃PO₄ yang meningkat sehingga menyebabkan derajat substitusi yang stabil. Kandungan amilopektin lebih rendah pada pati produk (58 – 65%) pada perlakuan konsentrasi Na₃PO₄ >0,13% pada seluruh rasio pati dan air daripada pati jagung non modifikasi (± 72%) memungkinkan terhalangnya proses kristalisasi kembali molekul pati karena kristalisasi kembali ini juga dipengaruhi oleh keteraturan bentuk dari rantai polimer dimana amilopektin memiliki rantai bercabang dengan bentuk globular (Fenemma, 1976 and Glicksman, 1969).

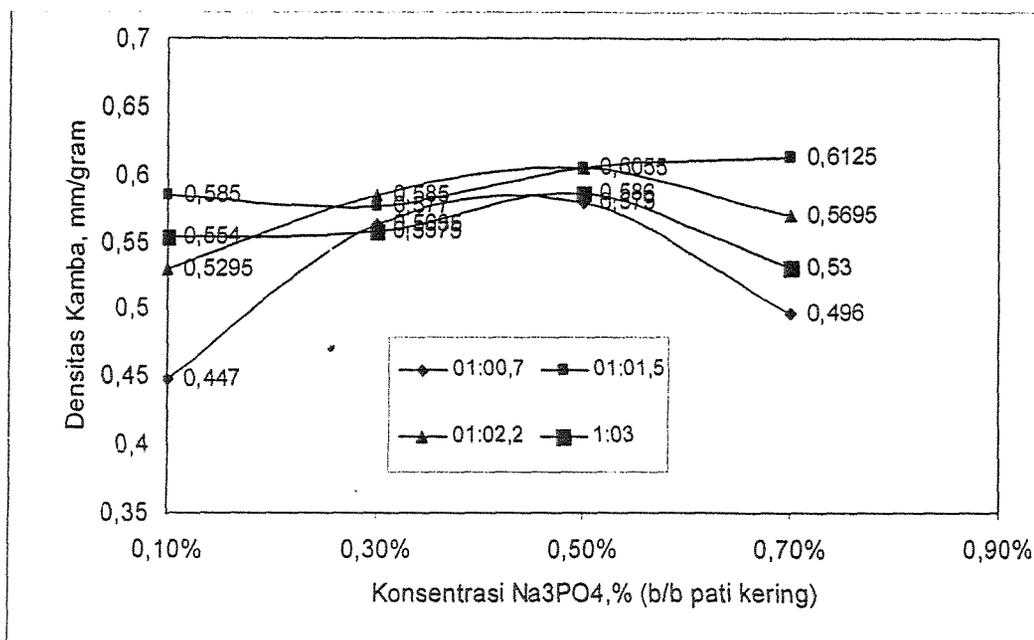
Ikatan silang pada rantai amilosa dan amilopektin dari produk pati secara *cross-linking* menggunakan Na₃PO₄ pada konsentrasi 0,05 - 0,1% menghasilkan derajat ikatan silang yang rendah (1 ikatan silang setiap 200-1000 unit anhidroglukosa) sehingga pada perlakuan dengan konsentrasi Na₃PO₄ 0,1 - 0,7% memungkinkan perolehan derajat ikatan silang lebih tinggi yang pada akhirnya akan menyebabkan pengembangan granula optimal dan rekristalisasi dapat ditekan (Chatakanoda, 1982).



Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi Na₃PO₄ dan kandungan amilopektin dalam pati jagung termodifikasi pada suhu proses 35°C selama 60 menit dengan berbagai rasio pati dan air

Pengaruh Rasio Pati dan Air serta Konsentrasi Na₃PO₄ Terhadap Sifat-Sifat Fisik Pati Jagung Termodifikasi

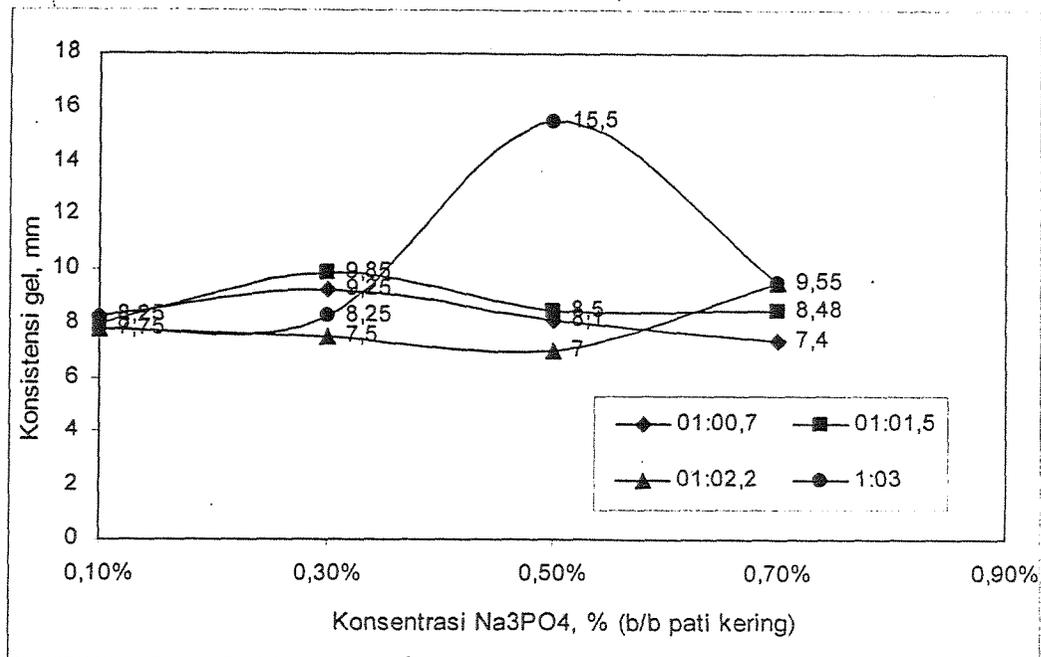
Proses *cross-linking* menggunakan Na₃PO₄ pada konsentrasi 0,1 - 0,7% dengan rasio pati dan air yang semakin meningkat pada suhu 35°C selama 60 menit berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik produk pati. Perlakuan konsentrasi Na₃PO₄ dan rasio pati dan air menghasilkan produk pati dengan densitas kamba berbeda nyata namun tidak berbeda nyata pada interaksi kedua perlakuan tersebut. Perbedaan densitas kamba produk pati menunjukkan bahwa keadaan pati lebih padat untuk kadar air yang tidak memiliki perbedaan signifikan. Keadaan ini menyebabkan rusaknya partikel pati sehingga air mudah keluar selama pengeringan (Fardiaz, 1982). Peningkatan densitas kamba terlihat berfluktuatif pada rasio pati dan air 1 : 0,75; 1 : 2,25 dan 1 : 3 pada konsentrasi Na₃PO₄ sampai 0,5% dan mulai menunjukkan penurunan pada konsentrasi 0,7% terkecuali pada rasio 1 : 1,5 yang masih menampilkan peningkatan densitas kamba. Densitas kamba tertinggi (0,6125 ml/gram) dihasilkan pada perlakuan Na₃PO₄ 0,7% dengan rasio pati dan air 1 : 1,5 dan terendah (0,447 ml/gram) pada perlakuan Na₃PO₄ 0,1% dengan rasio pati dan air 1 : 0,75, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi Na₃PO₄ dan densitas kamba pati jagung termodifikasi pada suhu proses 35°C selama 60 menit dengan berbagai rasio pati dan air

Peningkatan densitas kamba ini diduga berkaitan dengan ukuran partikel granula pati sebagai pengaruh proses *cross-linking*. Proses *cross-linking* menyebabkan terjadinya perubahan struktur granula, dimana ikatan silang yang terbentuk pada rantai lurus akan menyebabkan peningkatan bobot molekul pati yang sebanding dengan derajat polimerasi oleh terbentuknya jembatan-jembatan fosfat (Ruternberg, 1977). Semakin banyak jembatan fosfat yang terbentuk karena peningkatan konsentrasi Na₃PO₄ akan menyebabkan semakin tingginya densitas kamba produk pati. Perbedaan densitas kamba menyebabkan proses pengemasan yang berbeda pula untuk berat kering pati yang sama dan berguna dalam sistem keamanan dan pengawetan pati produk dari penyusutan selama penyimpanan.

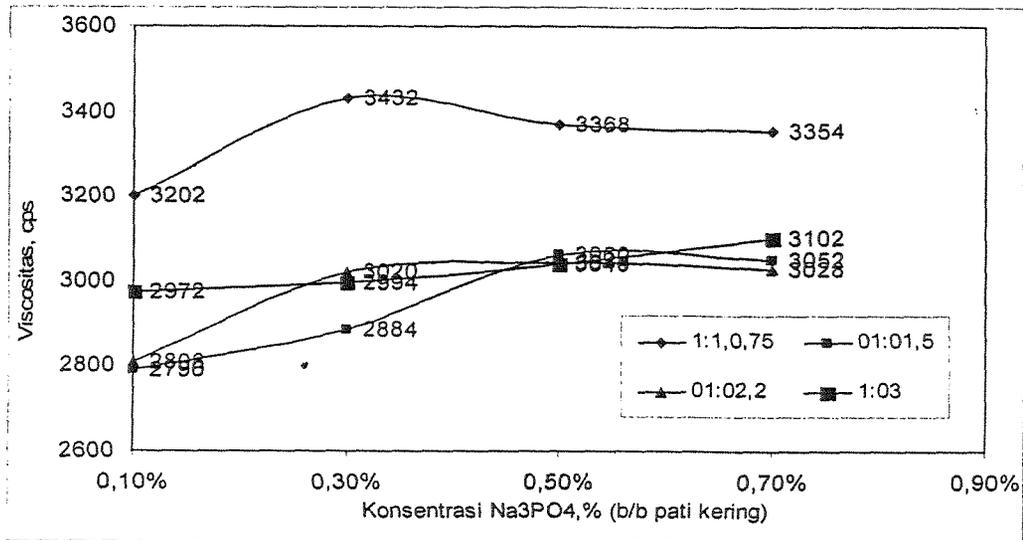
Perlakuan konsentrasi Na₃PO₄, rasio pati dan air dan interaksi antara kedua perlakuan tersebut menghasilkan produk pati dengan konsistensi gel berbeda nyata. Semakin meningkat rasio pati dan air akan menurunkan konsistensi gel namun meningkatnya konsentrasi Na₃PO₄ akan meningkatkan konsistensi gel pada seluruh rasio pati dan air kecuali pada rasio pati dan air 1 : 0,75 yang semakin rendah. Konsistensi gel tertinggi (15,5 mm) dihasilkan pada perlakuan rasio pati dan air 1 : 3 dengan Na₃PO₄ 0,5%, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan antara konsentrasi Na₃PO₄ dan konsistensi gel pati jagung termodifikasi pada suhu proses 35°C selama 60 menit dengan berbagai rasio pati dan air

Perolehan produk pati menghasilkan konsistensi gel berkisar antara 7 - 15,5 mm atau termasuk dalam hard gel (>40 mm). Peningkatan konsentrasi Na₃PO₄ diduga menyebabkan derajat ikatan silang yang terbentuk semakin besar sehingga adanya reaksi ikatan silang ini akan mengganggu linearitas rantai amilosa dan rigiditas pati jagung termodifikasi lebih tinggi daripada pati jagung non-modifikasi. Pada rasio pati dan air yang semakin tinggi, konsistensi gel semakin rendah karena kandungan pati yang semakin rendah sehingga kemampuan untuk membentuk gel pati juga semakin menurun. Namun karena konsentrasi Na₃PO₄ yang semakin meningkat maka pembentukan ikatan silang molekul pati juga akan semakin meningkat yang menyebabkan kemampuan tarik menarik antar polimer yang konsisten dan lebih kuat sehingga diharapkan dapat memberikan daya ikatan yang lebih erat. Semakin tinggi ikatan silang yang terbentuk akan menyebabkan pembentukan gel yang semakin keras dan akan kehilangan sifat alirnya sehingga jika deformasi yang dialami bersifat balik maka pati akan memperlihatkan sifat elastisitasnya.

Perlakuan konsentrasi Na₃PO₄, rasio pati dan air serta interaksi antara kedua perlakuan tersebut menghasilkan produk pati dengan viscositas berbeda nyata pada suhu gelatinasi 90°C. Pemilihan suhu ini berkaitan dengan kemungkinan aplikasinya pada produk selai yang dilalui dengan proses pemasakan pada kisaran suhu yang sama. Secara keseluruhan perlakuan rasio pati dan air dengan konsentrasi Na₃PO₄ 0,3% menghasilkan viscositas tertinggi (3432 cps) pada rasio pati dan air 1 : 0,75. Semakin besar rasio pati dan air, viscositas pasta akan semakin menurun pada seluruh konsentrasi Na₃PO₄ kecuali pada konsentrasi Na₃PO₄ 0,5% yang cenderung tetap. Penambahan Na₃PO₄ >0,3% cenderung tidak berpengaruh terhadap viscositas dan viscositas cenderung menjadi tetap dengan kata lain pembengkakan granula pati jagung termodifikasi tidak lagi dapat membesar dan akhirnya konstan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.

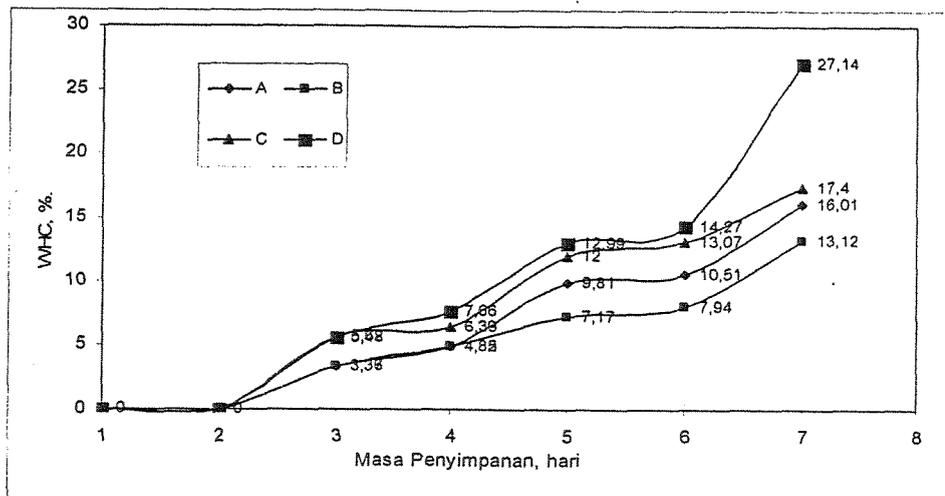


Gambar 8. Hubungan antara konsentrasi Na₃PO₄ dan viscositas (suhu gelatinasi 90°C) pati termodifikasi pada suhu 35°C selama 60 menit dengan berbagai rasio pati dan air

Peningkatan ini disebabkan kemampuan pati dalam menyerap air oleh amilosa yang terdispersi dalam air sehingga dengan suhu gelatinisasi yang tinggi (90°C) terjadi pembengkakan granula pati. Pada saat pengembangan maksimal maka granula pati akan pecah dan ikatan hidrogen akan terputus sehingga viskositas akan menurun (Wuzburg, 1986). Namun pada pati yang mengalami modifikasi secara *cross-linking*, dengan konsentrasi Na₃PO₄ yang semakin meningkat akan menyebabkan kerapatan ikatan silang yang semakin tinggi sehingga granula pati akan lebih tahan untuk pecah dan viskositas pasta pati akan lebih stabil pada pemanasan (gelatinasi) meskipun dengan suhu yang tinggi.

Pengaruh Rasio Pati dan Air serta Konsentrasi Na₃PO₄ Terhadap Masa Simpan Produk Aplikasi Selai Tempe

Kendala utama digunakannya pati jagung sebagai pengental adalah panjangnya rantai amilosa dan amilopektin pati jagung yang menyebabkan kestidakstabilan konsistensi gel sehingga mudah terjadi retrogradasi dan akhirnya mengalami sineresis. Pada aplikasi produk pati dalam pembuatan selai tempe digunakan 1% (b/b bahan) dalam formulasi selai tempe dengan suhu gelatinasi bahan 90°C selama 90 menit. Gambar 9 memperlihatkan hubungan antara jenis produk pati terhadap kemampuan mengikat air pada komponen selai dengan penyimpanan selama 7 hari.



Keterangan : * A, B, C dan D = pati termodifikasi secara *cross-linking* pada kondisi 35°C selama 60 menit dengan konsentrasi Na_3PO_4 masing-masing 0,1, 0,3; 0,5 dan 0,7%

Gambar 9. Hubungan antara masa penyimpanan dan *water holding capacity* (WHC) pati jagung termodifikasi dengan berbagai masa konsentrasi Na_3PO_4

Pengamatan produk aplikasi pada masa simpan 1 - 7 hari menunjukkan sineresis mulai terjadi pada hari ke-3 untuk seluruh jenis pengental dengan perlakuan proses *cross-linking* berbeda. Jenis pati termodifikasi dengan perlakuan konsentrasi Na_3PO_4 0,3% (B) pada rasio pati dan air 1 : 0,75 menunjukkan sineresis terendah (13,12%) atau kemampuan mengikat pati terhadap komponen selai tertinggi pada masa penyimpanan 7 hari. Kecenderungan rendahnya *water holding capacity* (WHC) pada jenis pati B terlihat pada masa penyimpanan hari ke 3 - 7. Secara keseluruhan sineresis semakin besar sejalan dengan lamanya waktu penyimpanan. Hal ini kemungkinan disebabkan penggunaan Na_3PO_4 dengan konsentrasi 0,3% menghasilkan ikatan silang yang cukup sehingga kemungkinan terjadinya retrogradasi lebih sedikit. Pada pati jenis C dan D yang menggunakan Na_3PO_4 dalam prosesnya dengan konsentrasi lebih besar (0,5 dan 0,7%) menghasilkan WHC lebih besar. Kemungkinan ini disebabkan selain dari faktor pati juga interaksi antara jenis pati dengan bahan-bahan lain dalam selai tempe. Kemampuan pati untuk mengabsorpsi lemak dan air sebagai bahan penunjang selai dan konsistensi gel yang terbentuk sebagai interaksi komponen selai memungkinkan pengaruh fungsional pati terhadap daya ikat air berkurang sehingga terjadi retrogradasi lebih besar sehingga dengan bertambahnya masa simpan akan memperbesar WHC. Meskipun demikian, besarnya sineresis masih pada taraf yang tidak mengganggu mutu produk baik secara organoleptik maupun terhadap daya simpannya dan keawetannya.

KESIMPULAN

1. Perlakuan proses *cross-linking* menggunakan Na_3PO_4 dengan rasio pati dan air yang semakin meningkat berpengaruh terhadap komposisi kimia dan sifat-sifat fisik produk pati pengental;
2. Semakin tinggi konsentrasi Na_3PO_4 dan rasio pati dan air akan menurunkan kandungan amilosa, amilopektin, pati, konsistensi gel, densitas kamba dan viskositas pasta pati pengental namun meningkatkan kadar air produk pati pengental. Perlakuan

- rasio pati dan air 1 : 0,75 pada konsentrasi Na_3PO_4 0,3% menghasilkan produk pati pengental dengan sifat-sifat fisik dan komposisi terbaik;
3. Masa simpan yang lama akan meningkatkan sineresis produk aplikasi namun dalam batas yang tidak berpengaruh terhadap mutu organoleptik produk. Jenis pati termodifikasi dengan perlakuan konsentrasi Na_3PO_4 0,3% pada rasio pati dan air 1 : 3 (B) menunjukkan sineresis terendah (13,12%) atau kemampuan mengikat pati terhadap komponen selai tertinggi pada masa penyimpanan 7 hari;
 4. Untuk aplikasi pada selai tempe disarankan penggunaan produk pati pengental dengan konsentrasi >1% (b/b) atau pada batas-batas yang diijinkan menurut peraturan penggunaan bahan tambahan makanan sebagai penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1995. Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemistry. Washington D.C.
- Chatakanoda, P. 1982. Characterization of glass and melting transitions of cross-linked rice starch, food science. John Wiley & Sons. New York.
- Fardiaz, D. 1982. Modifikasi pati dari beberapa varietas jagung (*Zea mays* L) dengan cara oksidasi. Fakultas Teknolgi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fenemma, O.R. 1976. Principles of food science, food chemistry. Marcel Dekker Inc. New York.
- Fleche, G. 1985. Chemical modification and degradation of starch. *Di dalam* G.M.A. Van Beynum dan J.A. Rolls (eds.). Starch Conversion Technology. Marcell Dekker Inc. New York.
- Gasperz, V. 1995. Teknik analisis dalam penelitian percobaan. Edisi Pertama. Tarsito. Bandung.
- Glicksman, M. 1969. Gum technology in food industry. Academic Press. London.
- Greenword, C.T. 1978. Aspects of physical chemistry of starch. *Di dalam* Advanced of carbohydrate chemistry. Vol II. Academic Press. New York.
- Malcom, P.S. 2001. Kimia Polimer. *Di Indonesiakan oleh* Iis Sopyan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Ruternberg, M.W. 1977. Starch and its modification. *Di dalam* Davidson R.L. (ed) Hand book of water soluble gums and resins. Mc Graw Hill Book Company.
- Susilowati, A., d.k.k. 2001. Diversifikasi pemanfaatan tempe untuk minuman bergizi, Prosiding Seminar Nasional Kimia. FMIPA-ITS. Surabaya.
- Winarno, F.G. 1984. Kimia pangan dan gizi. Gramedia. Jakarta.
- Wuzburg, O.B. 1986. Modified starches : properties and uses. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

LAMPIRAN

Tabel 1. Analisis variansi pengaruh rasio pati dan air serta konsentrasi Na_3PO_4 terhadap komposisi kimia dan sifat-sifat fisik pati jagung termodifikasi secara *cross-linking*

Sumber variansi	Air (%)	Pati (%)	Amilosa (%)	Amilopektin (%)	Densitas kamba (ml/g)	Konsistensi gel (mm)	Visc. 90 °C (cps)
Rasio pati dan air [A]	1,463 ^{tn}	1,3124 ^{tn}	3,117 ^{tn}	313,9046*	11,0236*	3,3662*	235,53*
Konsentrasi Na_3PO_4 [B]	9,017*	0,918 ^{tn}	7,186*	347,8488*	8,7918*	2,5932*	56,832*
Interaksi AB	4,501*	0,7274 ^{tn}	2,702*	60,6961*	2,4357 ^{tn}	4,7154*	6,634*

Keterangan : * = berbeda nyata; tn = tidak berbeda nyata

Tabel 2. Rerata komposisi kimia dan sifat fisik pati jagung termodifikasi secara *cross linking*

Rasio pati dan air	Kons. Na_3PO_4 (% b/b)	Air (%)	Amilosa (%)	Amilopektin (%)	Konsistensi gel (mm)	Visc. 90 °C (cps)
1 : 0,75	0,1	6,8 ^a	10,245 ^a	80,568 ^c	8,25 ^a	3202 ^d
	0,3	7,14 ^a	11,31 ^a	65,236 ^d	9,25 ^b	3432 ^d
	0,5	7,71 ^a	10,6263 ^a	66,316 ^b	8,1 ^a	3368 ^d
	0,7	7,73 ^a	9,81 ^b	68,988 ^c	7,4 ^a	3354 ^d
1 : 1,5	0,1	7,185 ^a	14,475 ^a	95,826 ^b	8,0 ^a	2790 ^a
	0,3	7,92 ^a	9,325 ^a	65,16 ^b	9,85 ^b	2884 ^b
	0,5	8,62 ^a	12,5975 ^a	58,72 ^a	8,5 ^a	306 ^c
	0,7	8,705 ^a	8,3075 ^a	65,67 ^b	8,48 ^a	3052 ^c
1 : 2,25	0,1	7,31 ^a	7,5475 ^a	61,175 ^b	7,75 ^a	2808 ^a
	0,3	8,87 ^b	8,105 ^b	56,384 ^d	7,5 ^a	3020 ^c
	0,5	8,825 ^a	8,805 ^a	61,242 ^b	7,0 ^a	3044 ^c
	0,7	9,02 ^b	8,78 ^a	58,6048 ^b	9,55 ^b	3028 ^c
1 : 3	0,1	8,265 ^a	11,9225 ^a	78,69 ^b	7,75 ^a	2971 ^b
	0,3	9,135 ^b	8,765 ^a	64,416 ^b	8,25 ^a	2994 ^b
	0,5	10,145 ^c	10,0175 ^a	69,114 ^a	15,5 ^c	3040 ^c
	0,7	10,15 ^c	8,2175 ^a	58,497 ^a	9,5 ^b	3102 ^d

Keterangan : Setiap angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata pada taraf 5% berdasarkan uji Duncan.