



Pengaruh Penambahan Sari Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai Bahan Penggumpal Alami terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Tahu Kacang Hijau (*Vigna radiata*)

Bhakti Etza Setiani^{1✉}, V. Priyo Bintoro², Rifqi Nur Fauzi³

¹²³ Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro

DOI: <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v16i1>

Info Artikel

Keywords:

Tofu; lime; total moisture content; total protein content; texture; total yield

Abstrak

Tahu merupakan suatu produk yang terbuat dari kacang-kacangan yang diproses dengan cara menggumpalkan proteinnya. Makanan yang relatif murah, banyak disukai oleh seluruh lapisan masyarakat dan bergizi tinggi. Zat gizi utama pada tahu yaitu protein. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh sari jeruk nipis sebagai bahan pengendap dan mengetahui waktu yang optimal untuk dapat mengendapkan protein kacang hijau. Penelitian dilakukan di Laboratorium Rekayasa Pangan dan Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro dari Bulan Maret 2017 – Mei 2017. Desain percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 7 kali ulangan dengan perlakuan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yaitu 5% untuk T1, 10% untuk T2, dan 15% untuk T3. Data hasil pengujian total kadar air, total kadar protein, dan tekstur diuji dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5%. Apabila terdapat pengaruh perlakuan, dilanjutkan dengan Uji Wilayah Ganda Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasi penambahan jeruk nipis akan menghasilkan nilai total kadar air dari 85 % - 72 %, total kadar protein dari 11,98 % - 8,74 %, tekstur dari 129,61 N - 194,00 N, dan total kadar *yield* dari 15,20 % - 39,73 %.

Abstract

Tofu is a product made by beans protein coagulation. The food is relatively cheap, much preferred by all levels of society and highly nutritious. The main nutrient of tofu is protein. This study aims to determine the characteristics of green beans tofu added by lime juice as a completing material and further more, this study also the optimal time aimed to determine presipitate for coagulating green bean protein. The research was conducted in Food Engineering Laboratory and Laboratory of Food and Nutrition Chemistry Faculty of Animal Husbandry and Agriculture Sciences Diponegoro University from March 2017 - May 2017. The experimental design used in this study using Randomized Complete Design (RCD) with 3 treatments and 7 repetitions. By treatment of concentration of addition of lemon juice there were 5% for T1, 10% for T2, and 15% for T3. The total water content, total protein content, and texture test results would be tested with Analysis of Variance (ANOVA) with a significance level of 5%. If there is any effect of treatment, it would be continued with Duncan Double Area Test. The results showed that the increasing concentration of lime juice would result in a total water content of 85 % - 72 %, total protein content of 11.98 % to 8.74 %, textures from 129.61 N - 194.00 N, and the total yield content of 15.20 % - 39.73%.

✉ Alamat Korespondensi: Teknologi Pangan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50175
E-mail: etz_16@yahoo.com

p-ISSN 1693-9115
e-ISSN 2580-846X

PENDAHULUAN

Kacang hijau adalah salah satu kelompok kacang-kacangan yang mengandung protein tinggi, tetapi rendah lemaknya. Kandungan protein kacang hijau mencapai 24% dan pada kacang hijau mentah memiliki daya cerna sekitar 77% serta banyak dimanfaatkan menjadi bahan baku pangan, pakan ternak, dan kosmetik (Adrianto dan Novo, 2004). Dilihat dari sektor harga pasar, kacang hijau memiliki harga jual kurang lebih Rp 22.000/kg sedangkan kacang kedelai memiliki harga jual Rp 8000/kg. Akan tetapi, tingkat konsumsi kacang hijau di masyarakat adalah 0.156/Kg/Kap/Tahun sedangkan kacang kedelai memiliki tingkat konsumsi 0.052/Kg/Kap/Tahun. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun harga di pasaran kacang hijau cenderung lebih mahal tetapi daya terima konsumen akan kacang hijau jauh lebih besar (Statistik Konsumsi Pangan, 2012).

Kacang hijau memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi. Dalam 100 g kacang hijau kandungan karbohidratnya adalah mencapai 62% sehingga ini menjadi kendala dalam pemanfaatan kacang hijau sebagai bahan dasar pembuatan tahu. Untuk memperoleh protein dalam konsentrasi tinggi, dibuat protein dalam bentuk konsentrat atau isolat. Isolasi protein pada prinsipnya didasarkan atas dua proses utama yaitu ekstraksi dan koagulasi (penggumpalan). Untuk keperluan ini pada umumnya digunakan basa dan asam yang berturut-turut digunakan untuk proses ekstraksi dan penggumpalan/pengendapan. Ekstraksi protein yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan tahu (Triyono, 2010). Tahu pada dasarnya merupakan hasil dari endapan protein yang mengalami koagulasi sehingga membentuk padatan yang akhirnya dapat dikatakan sebagai tahu. Biasanya tahu menggunakan bahan dasar kacang kedelai karena kandungan protein yang sudah tinggi. Substitusi bahan dasar menjadi kacang hijau karena kandungan lemak di kacang hijau sangat rendah dibandingkan dengan kandungan lemak pada kacang kedelai. Kandungan lemak pada kacang hijau adalah 1,2% sedangkan pada kedelai adalah 18,1% (Haliza *et al.*, 2007). Rendahnya kadar lemak pada kacang hijau dapat mencegah terjadinya oksidasi pada tahu sehingga masa simpan tahu berbahan dasar kacang hijau akan lebih lama tanpa penambahan pengawet apapun.

Ada beberapa jenis koagulan untuk proses koagulasi yaitu garam (CaCl_2 , CaSO_4 , MgCl_2) proteinase dan asam (asam asetat, asam sitrat, glukano δ -lactone). Pada jenis koagulan yang berbahan dasar asam seperti asam laktat, asam sitrat dan asam asetat, rendemen yang dihasilkan akan rendah, dengan tekstur tahu yang rapuh (mudah hancur) dengan flavor yang agak asam (Aryanti *et al.*, 2016). Salah satu koagulan asam yang dapat digunakan yaitu jeruk nipis. Jeruk nipis mengandung asam sitrat, dapat digunakan sebagai penggumpal alami pada pembuatan tahu. Sari jeruk nipis mengandung asam sitrat sebesar 7% - 7,6% (Sethpakdee, 1992). Penggunaan agen penggumpal komersial seperti CaSO_4 akan menghasilkan *yield* yang lebih rendah dibandingkan dengan penggumpal alami seperti jeruk nipis. Penggunaan agen penggumpal alami maupun komersial dalam pembuatan tahu menghasilkan kadar air yang hampir sama (Maharani *et al.*, 2012). Kualitas fisik tahu dengan penambahan jeruk nipis dengan konsentrasi tinggi akan menjadikan susu kacang hijau memiliki keasaman yang tinggi pula, sehingga koagulasi akan berlangsung lebih cepat (Purwadi, 2010).

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi ilmiah terkait mutu kimia seperti kadar air, protein, *yield* dan mutu fisik seperti tekstur, dengan penambahan beberapa konsentrasi sari jeruk nipis. Manfaat yang lain adalah untuk mengembangkan diversifikasi pangan berbahan dasar kacang hijau dan jeruk nipis yang dijadikan produk tahu yang dapat menguntungkan untuk tubuh manusia.

METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan tahu kacang hijau untuk pengolahan dan analisa yaitu kacang hijau yang didapat dari Pasar Jati Banyumanik, jeruk nipis yang didapat dari Pasar Jati Banyumanik, air, larutan NaOH 0,1 N, larutan HCL, kertas lakmus, indikator metil merah dan aquadest.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan tahu untuk pengolahan dan analisa laboratorium meliputi timbangan analitik, kompor, blender, panci, kain saring, termometer, gelas ukur, labu Kjeldahl, labu destilat, erlenmeyer, tabung reaksi, cawan petri, *refrigerator*, *oven*, desikator dan *texture analyzer*.

Pembuatan Sari jeruk Nipis

Buah jeruk nipis disortasi kemudian dibersihkan menggunakan air mengalir, kemudian dipotong menjadi 4 bagian dan dikeluarkan sari buahnya dengan cara memeras, selanjutnya disaring menggunakan kain saring, selanjutnya sari jeruk nipis dimasukkan ke dalam wadah gelas untuk diuapkan dengan panas kompor selama ± 5 menit, selanjutnya didiamkan hingga sari jeruk nipis tidak terlalu panas.

Pembuatan Susu Kacang Hijau

Kacang hijau disortasi terlebih dahulu, kemudian kacang hijau direndam dengan air bersih selama ± 6 jam. Tahap berikutnya dilakukan penirisan. Setelah ditiriskan selanjutnya ditambahkan air dengan perbandingan 1 : 2 dan selanjutnya digiling/dihancurkan dengan blender hingga dihasilkan bubur kacang hijau, bubur kacang hijau kemudian disaring dengan kain saring, selanjutnya bubur kacang hijau dimasak selama ± 15 menit sampai bubur kacang hijau mencapai suhu 80-90 °C sehingga dihasilkan susu kacang hijau. (Johnson *et al*, 2008 yang telah dimodifikasi)

Pembuatan Tahu Kacang Hijau

Susu kacang hijau yang telah mencapai suhu 80-90 °C, ditambahkan sari jeruk nipis dengan penambahan sesuai perlakuan yaitu 5, 10 dan 15%. selanjutnya didiamkan sampai campuran susu kacang hijau dan sari jeruk nipis mencapai suhu 40-50 °C, kemudian dilanjutkan proses menyaring dengan kain saring kemudian memisahkan *curd* dan *whey*, *curd* tahu yang diperoleh segera dicetak dengan dilakukan penekanan atau dipress (Maharani *et al.*, 2012)

Analisis Eksperimental

Parameter yang diuji pada penelitian ini meliputi uji kadar air, uji kadar protein, uji tekstur dan total padatan *yield* tahu kacang hijau. Metode pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut

Pengujian kadar air dilakukan dengan metode oven, yaitu sampel ditimbang terlebih dahulu sebanyak 2-5 g pada cawan yang telah diketahui beratnya. Kemudian cawan akan dimasukkan ke dalam oven bersuhu 105°C selama 3-4 jam hingga diperoleh berat yang konstan. Sampel kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator selama ± 15 menit dan segera ditimbang setelah sampel mencapai suhu ruang. Apabila sampel belum mencapai berat konstan, sampel dimasukkan kembali ke dalam oven hingga mencapai berat konstan (selisih antara penimbangan berturut-turut 0,2 g) (Midayanto dan Yuwono, 2014).

Pengujian kadar protein menurut Sudarmadji *et al.* (1997) dilakukan dengan metode Kjeldahl, metode ini terdiri atas tiga tahapan. Tahap pertama adalah destruksi, dimulai dengan menimbang sampel sebanyak 0,5 g dan dimasukkan ke dalam labu destruksi dan ditambah katalisator berupa selenium sebanyak 0,5 g, kemudia ditambah asam sulfat (H₂SO₄) pekat sebanyak 10 ml, lalu sampel didestruksi dalam ruang asam selama 1-1,5 jam atau sampai warna cairan jernih. Hasil destruksi didinginkan, kemudian dilanjutkan dengan proses destilasi. Selanjutnya adalah tahap destilasi. Pada tahap ini ammonium sulfat dipecah menjadi ammonia (NH₃) dengan penambahan NaOH sampai alkalis dan dipanaskan, asam standar yang dipakai sebagai penangkap adalah asam borat (H₃BO₄) 4% sebanyak 20 ml. Untuk mengetahui asam dalam keadaan berlebihan maka diberi indikator Metylen Red (MR) dan Metylen Blue (MB) sebanyak 2 tetes. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam

labu destilasi dan ditambahkan 50 ml aquades dan 40 ml natrium hidroksida (NaOH) 45%. Destilasi berakhir sampai penangkap berubah warna dari ungu menjadi hijau. Hasil destilasi berakhir sampai penangkap berubah warna dari ungu menjadi hijau. Hasil destilasi, kemudian dilanjutkan dengan proses titrasi. Terakhir adalah tahap titrasi. Pada tahap ini penampung yang digunakan adalah asam borat. Banyaknya asam borat yang bereaksi dengan ammonium dapat diketahui dengan titrasi menggunakan asam klorida (HCL) 0,1 N, akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna larutan dari hijau menjadi ungu.

Pengujian tekstur dilakukan dengan menggunakan alat *texture analyzer*. Sampel tahu yang ingin diuji, diletakkan dibawah jarum alat. Kemudian diberi penekanan atau beban yang dilakukan selama 1-2 kali. Setelah itu beban dilepaskan lalu skala penunjuk alat dibaca. Nilai yang tercantum dilayar monitor merupakan nilai hardness, springness dan adhesion (Midayanto dan Yuwono, 2014).

Perhitungan *yield* tahu berdasarkan massa tahu tiap 100 g massa kacang hijau, *yield* tahu dihitung berdasarkan kadar protein tahu per kadar protein kacang hijau, *yield* tahu yang dihitung berdasarkan kadar protein tahu per susu kacang hijau.

Analisis Data

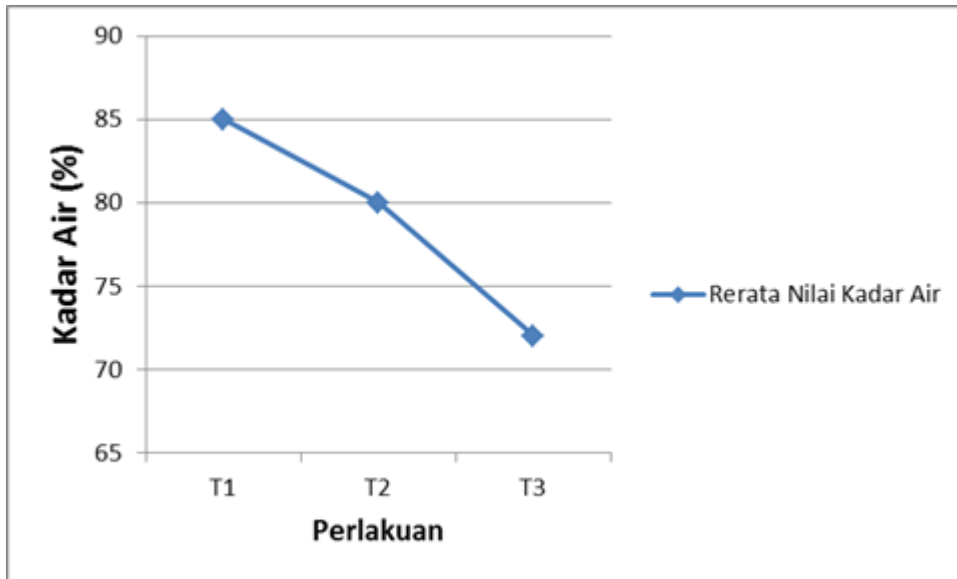
Desain percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 7 kali ulangan dengan perlakuan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yaitu 5% untuk T1, 10% untuk T2, dan 15% untuk T3. Data hasil pengujian total kadar air, total kadar protein, dan tekstur akan diuji dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5%. Apabila terdapat pengaruh perlakuan, akan dilanjutkan dengan Uji Wilayah Ganda Duncan. Semua data dihitung dengan bantuan program SPSS versi 22 untuk Windows 8.

Tata kerja penelitian telah ditulis secara jelas sehingga percobaan atau ibaratnya penelitian tersebut dapat diulang dengan hasil yang sama? Hindari bentuk kalimat perintah dalam menguraikan prosedur; • Semua kuantitas dituliskan dalam satuan yang baku dan konsisten; • Jika menggunakan bahan kimia dinyatakan secara spesifik dilengkapi dengan kemurnian dan merknya, dituliskan dalam bentuk murninya atau precursor, bukan dalam bentuk larutan (contoh: H₂ SO₄ (99%, MERCK), bukan seperti ini: H₂ SO₄ 1 N); • Setiap langkah dinyatakan dengan jelas, termasuk jumlah ulangan; semua teknik/prosedur dinyatakan (sebut nama jika bakuan, atau uraian jika prosedur baru atau dimodifikasi); Alat-alat kecil dan bukan utama (sudah umum berada di lab, seperti: gunting, gelas ukur, pensil) tidak perlu dituliskan, tetapi cukup tuliskan rangkaian peralatan utama saja, atau alat-alat utama yang digunakan untuk analisis dan/atau karakterisasi, bahkan perlu sampai ke tipe dan akurasi; • Tuliskan secara lengkap lokasi penelitian, jumlah responden, cara mengolah hasil pengamatan atau wawancara atau kuesioner, cara mengukur tolok ukur kinerja; metode yang sudah umum tidak perlu dituliskan secara detil, tetapi cukup merujuk ke buku acuan. • Untuk jenis penelitian kualitatif bidang khusus lainnya agar menyesuaikan dengan kekhasan dalam bidang ilmu tersebut. • Tolok ukur keberhasilan atau kinerja perlu dituliskan dengan jelas, misalnya dalam bentuk Persamaan atau rumus, atau bentuk kriteria.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Tahu Kacang Hijau

Hasil pengujian kadar air menggunakan metode *oven* dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang berbeda dapat dilihat pada Ilustrasi di bawah ini.



Keterangan:

T1= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 5%

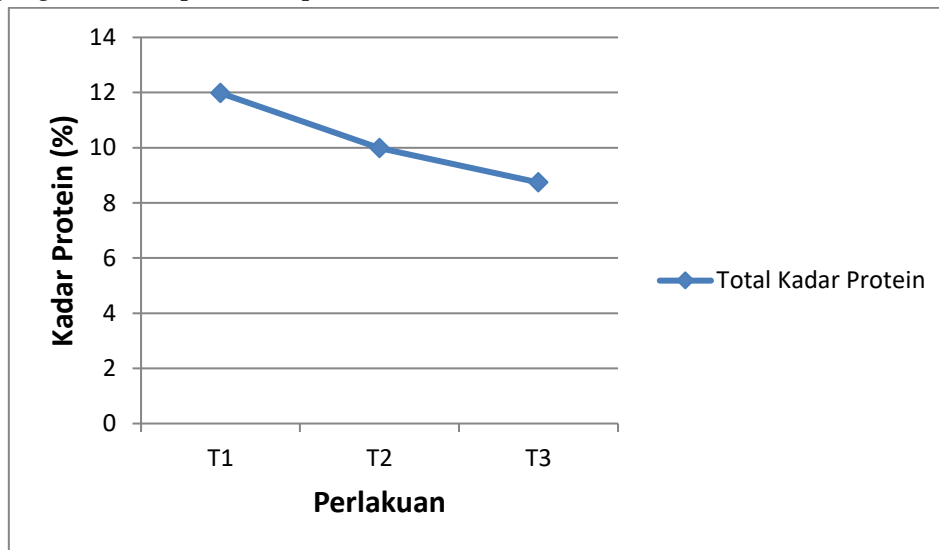
T2= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 10%

T3= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 15%

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh hasil bahwa kadar air tahu kacang hijau dengan penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi 5, 10 dan 15% akan mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasinya. Kadar air terendah terdapat pada sampel tahu dengan konsentrasi 15 % yaitu sebesar 72% sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada sampel tahu dengan konsentrasi 5% yaitu sebesar 85%. Syarat kualitas tahu pada SNI 01-3142-1998 tidak dicantumkan kadar air yang diperbolehkan terkandung pada tahu, tetapi berdasarkan Tabel Komposisi Pangan Indonesia tahun 1990 disebutkan bahwa kandungan air dalam tahu yaitu maksimal sebesar 82,2%, sehingga kadar air yang memenuhi syarat komposisi pangan Indonesia yaitu dengan konsentrasi 10% yaitu 80% akan terus menurun hingga nilai terendah yaitu pada penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi 15% yaitu 72%. Hal ini dapat terjadi, karena kandungan asam yang terdapat pada sari jeruk nipis yang ditambahkan mampu mengikat air pada protein tahu tersebut, sehingga akan membentuk daya ikat protein yang kuat. Hal ini menyebabkan kadar air pada tahu akan menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat Cahyadi (2008) yang menyatakan, bahwa suasana asam yang terjadi dalam proses pembuatan tahu akan mempercepat penurunan partikel *whey* yang lebih banyak, sehingga air yang dikeluarkan semakin banyak. Semakin besar kekuatan asam yang dapat menggumpalkan protein, maka semakin besar pula kadar air yang dikeluarkan. Hal ini disebabkan oleh kuatnya asam yang dapat menggumpalkan protein, maka kemampuan untuk mengikat air semakin besar dan penambahan asam berhubungan erat terhadap proses penggumpalan protein. Perbedaan konsentrasi asam yang ditambahkan sangat berpengaruh terhadap kadar air yang ada pada tahu. Hal ini sesuai dengan pendapat Utami *et al.* (1992) yang menyatakan, bahwa konsentrasi penambahan asam yang ditambahkan, akan mempengaruhi tekstur maupun kadar air tahu. Secara umum penambahan konsentrasi penggumpal akan membuat tekstur tahu menjadi lebih keras sehingga kadar air tahu semakin kecil.

Kadar Protein Tahu kacang Hijau

Hasil pengujian kadar protein tahu kacang hijau dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang berbeda dapat dilihat pada Ilustrasi di bawah ini.



Keterangan :

T1= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 5%

T2= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 10%

T3= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 15%

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil, bahwa kadar protein akan semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi penambahan sari jeruk nipis pada tahu. Penurunan kadar protein yang signifikan dapat terlihat pada tahu dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis 5% yaitu 11,98%; 10% yaitu 9,93%; dan penambahan sari jeruk nipis 15% yaitu 8,74%. Penurunan kadar protein sudah bisa dilihat dari T2 (tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 10%) yaitu 9,93%, penurunan yang dihasilkan memiliki perbedaan yang nyata ($P > 0,05$). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3142-1998 syarat mutu tahu yang baik yaitu memiliki kadar protein minimal 9,0%, namun berdasarkan data yang didapatkan dengan penambahan konsentrasi 15% kadar protein pada tahu hanya 8,74% lebih rendah dari yang disyaratkan oleh SNI. Hal ini, diduga berhubungan dengan terjadinya denaturasi protein karena penambahan asam yang berbeda pada produk tahu.

Sari jeruk nipis memiliki sifat asam yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein. Protein yang menggumpal atau mengendap merupakan salah satu ciri fisik terjadinya denaturasi protein. Hal ini sesuai dengan pendapat Triyono (2010) yang menyatakan, bahwa penambahan asam dan panas akan mengakibatkan gumpalan yang banyak dengan intensitas gumpalan protein yang cukup tinggi. Suhu yang cukup tinggi juga dapat mengakibatkan terjadinya denaturasi protein. Terjadinya denaturasi protein dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pemanasan, pengadukan, asam atau basa dan garam. Tiap faktor tersebut memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap denaturasi protein. Pada saat proses penambahan asam dan pemanasan, akan terjadi koagulasi dan protein akan terdenaturasi lebih lanjut pada saat proses pemanasan. Hal ini diperkuat oleh pendapat Yulistiani dan Nuryati (2011) yang menyatakan, bahwa pada konsentrasi 15% maupun di atasnya, pH akan mendekati pH isoelektrik, proses tersebut membuat protein semakin mudah untuk mengendap dan semakin kehilangan kemampuan kelarutannya.

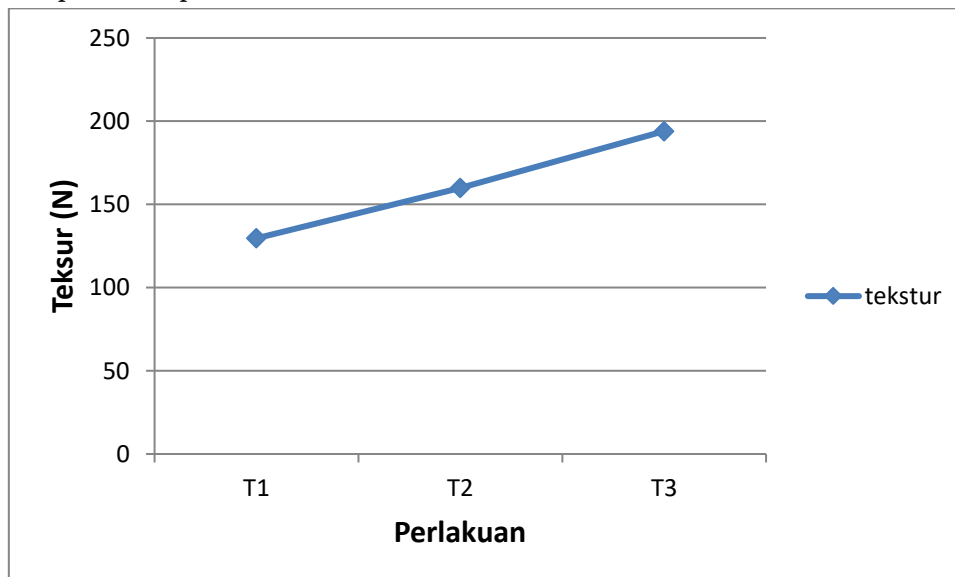
Pada produk tahu, kadar protein berbanding lurus dengan total kadar airnya. Semakin tinggi kadar protein, maka semakin tinggi pula kadar air yang terdapat pada produk tahu. Kadar protein yang rendah dapat terjadi disebabkan karena denaturasi protein. Denaturasi akan mengubah sifat protein menjadi sukar larut dalam air. Penambahan asam yang berlebihan akan menyebabkan denaturasi atau rusaknya struktur protein sehingga protein akan mengendap. Menurut Winarno

(1992), denaturasi dapat diartikan sebagai perubahan atau modifikasi terhadap struktur sekunder, tersier dan kuaterner molekul protein, tanpa terjadinya pemecahan pemecahan ikatan-ikatan kovalen. Karena itu denaturasi dapat pula dikatakan sebagai proses terpecahnya ikatan hidrogen interaksi hidrofobik, ikatan garam dan terbentuknya lipatan. Hal ini diperkuat oleh pendapat Maharani *et al.* (2012) yang menyatakan, bahwa semakin lama protein bereaksi dengan asam, maka kemungkinan terjadinya hidrolisis ikatan peptida semakin besar sehingga struktur primer protein rusak. Penambahan jumlah air sebagai pelarut, dan protein yang larut akan berdifusi ke pelarut air semakin banyak. Sehingga kadar protein yang tersisa dalam rafinat (ampas) semakin sedikit. Penambahan sari jeruk nipis ditambahkan apabila pemanasan telah mencapai $\pm 80^{\circ}\text{C}$.

Denaturasi protein yang terjadi pada penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi 15% terjadi karena gumpalan protein belum terbentuk seluruhnya dan kemungkinan protein yang terkandung dalam kacang hijau sebagian akan ikut bersama dengan endapan patinya yang terjadi pada saat proses ekstraksi dengan menggunakan air. Hal ini diperkuat oleh pendapat Triyono, (2010) yang menyatakan, bahwa kadar protein yang tersisa dalam ampas mempunyai interaksi berdasarkan adanya sifat hidrofilik dari protein. Sifat hidrofilik timbul dikarenakan adanya rantai sisi polar di sepanjang rantai peptida, yaitu gugus karboksil dan asam amino. Molekul protein memiliki beberapa gugus organik seperti atom N dan O yang tidak memiliki pasangan. Atom N pada rantai peptida memiliki muatan negatif sehingga akan menarik atom H dari air yang bermuatan positif. Hal ini diperkuat oleh pendapat Vega *et al.* (2013) yang menyatakan, bahwa molekul air yang ada akan berikatan dengan molekul air yang lain, karena atom elektron O tidak berpasangan. Semakin lama protein bereaksi dengan asam, maka kemungkinan terjadinya hidrolisis ikatan peptida semakin besar sehingga struktur primer protein rusak. Penambahan jumlah air sebagai pelarut, dan protein yang larut akan berdifusi ke pelarut air semakin banyak dan kadar protein yang tersisa dalam rafinat (ampas) semakin sedikit. Sehingga didapatkan perlakuan yang menghasilkan total kadar protein terbaik pada produk tahu yaitu dengan hasil 11,98 %.

Tekstur Produk Tahu Kacang Hijau

Hasil pengujian tekstur produk Tahu dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang berbeda dapat dilihat pada Ilustrasi di bawah ini.



Keterangan :

T1= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 5%

T2= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 10%

T3= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 15%

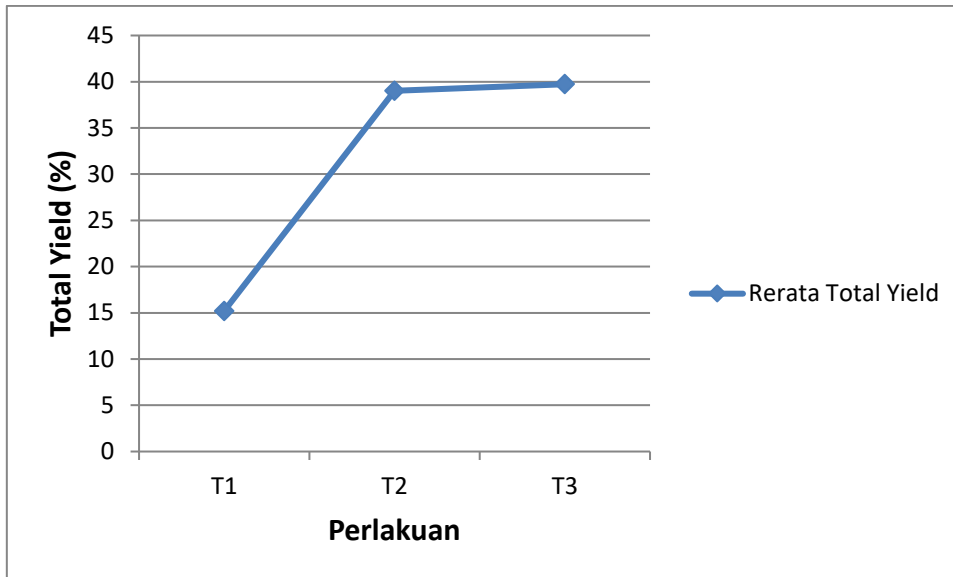
Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa tekstur tahu kacang hijau akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi penambahan sari jeruk nipis. Penambahan sari jeruk nipis dengan penambahan 5% akan menghasilkan tekstur terlampau lunak, tidak kompak, dan sulit untuk diolah ke tahap selanjutnya, penambahan 10% akan menghasilkan tekstur yang kompak, padat, seperti gel, tidak terlampau lunak dan mudah untuk diolah pada tahap selanjutnya, sedangkan pada penambahan 15% akan menghasilkan tekstur yang kompak, padat, keras dan mudah untuk diolah pada tahap selanjutnya.

Dari ketiga tahu kacang hijau hasil penelitian ini, tahu dengan tekstur yang baik adalah tahu kacang hijau dengan koagulan 10%, konsentrasi ini dapat menggumpalkan protein secara sempurna sehingga menghasilkan tekstur yang kompak, dan tidak terlalu keras, sedangkan dengan konsentrasi 5% terlalu sedikit untuk menggumpalkan protein sehingga tekstur yang dihasilkan terlalu lunak dan tidak terlalu kompak dan konsentrasi 15% akan menghasilkan tekstur yang kurang baik, hal ini disebabkan oleh koagulan yang ditambahkan terlalu banyak sehingga penggumpalan protein akan berlangsung lebih cepat meskipun suhu dan pH yang digunakan sama. Peningkatan tekstur pada tahu mulai terlihat pada penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi 10% yaitu 159,79 yang kemudian akan terus meningkat hingga nilai tertinggi pada tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 15% yaitu 194,00 N. Peningkatan tersebut dapat terjadi karena konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang ditambahkan berbeda, yang akan membuat komposisi protein yang terbentuk memiliki perbedaan dan berdampak pada tekstur tahu yang dihasilkan. Agregat protein yang membentuk matriks *curd* akan mempengaruhi kekompakan pada tekstur tahu. Matriks ini pula yang mampu mengikat air, yang turut berkontribusi terhadap penentuan tekstur. Hal ini sesuai dengan pendapat Oakenfull *et al.* (1997) yang menyatakan, bahwa perlakuan konsentrasi koagulan dan temperatur koagulasi mempengaruhi mutu tekstur tahu. Atribut tekstur *curd* protein kacang hijau dipengaruhi oleh kondisi koagulasi, seperti pH, suhu, agen koagulan, kekuatan ionik dan denaturasi protein. Hal ini diperkuat oleh pendapat Midayanto dan Yuwono (2014) yang menyatakan, bahwa apabila tahu memiliki kandungan air yang tinggi akan menghasilkan tekstur tahu yang lunak dan lembut dan begitu sebaliknya, apabila tahu memiliki kadar air yang rendah akan menghasilkan tahu dengan tekstur yang kasar dan keras.

Perbedaan karakteristik tahu yang berbeda dapat dikaitkan dengan kadar air tahu. Tahu yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi memiliki kemampuan untuk menahan air yang rendah. Tahu yang lunak memiliki kadar air yang tinggi, sekitar 84-90%. Hal ini diperkuat oleh pendapat Obatolu (2007) yang menyatakan, bahwa tahu yang memiliki tekstur yang lunak disebabkan tidak sempurnanya protein yang mengendap sehingga mengakibatkan renggangnya jaringan matriks yang terbentuk. Menurut Blazek (2008) konsentrasi koagulan, perbedaan penggunaan jenis koagulan, tekanan terhadap *curd*, pengadukan yang dilakukan pada saat koagulasi akan menghasilkan tahu yang bervariasi mulai dari keras hingga lunak dengan kadar air sekitar 70-90% dan kandungan protein 5-16%.

Total Yield yang terbentuk pada Tahu Kacang Hijau

Hasil total *yield* Tahu dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang berbeda dapat dilihat pada Ilustrasi di bawah ini.



Keterangan :

T1= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 5%

T2= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 10%

T3= Tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 15%

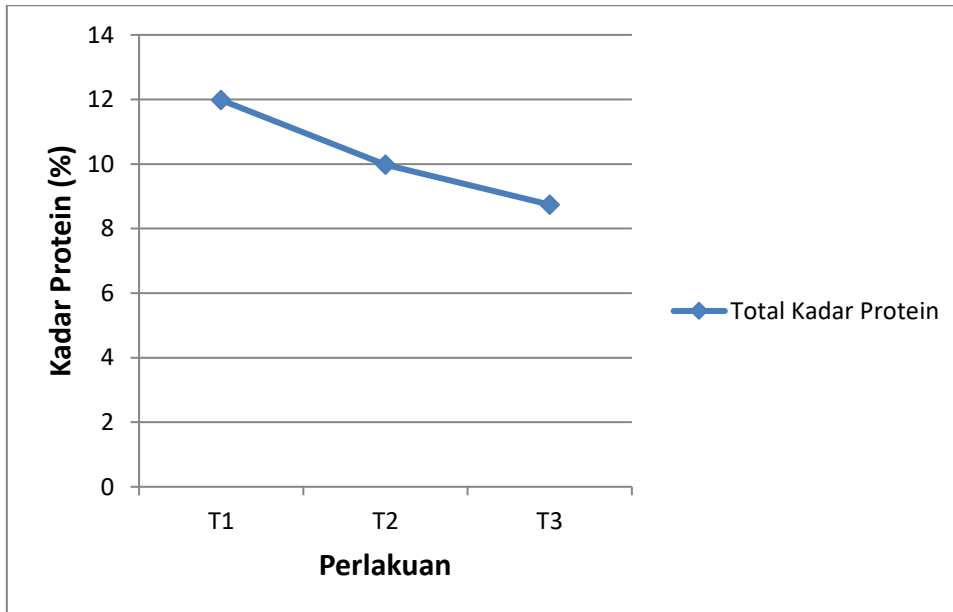
Berdasarkan ilustrasi diatas, diperoleh hasil bahwa konsentrasi penambahan sari jeruk nipis memberikan pengaruh yang nyata terhadap total *yield* produk tahu yang dihasilkan. Penambahan sari jeruk dengan penambahan 5% memiliki total kadar *yield* yang rendah yaitu sebesar 15,20% ± 0,029, penambahan 10% menghasilkan total kadar *yield* sebesar 39,03% ± 0,034, sedangkan penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi sebesar 15% menghasilkan total kadar *yield* yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan penambahan 10% yaitu sebesar 39,73% ± 0,04. Hal ini diperkuat oleh pendapat Yulistiani dan Nuryati (2011) yang menyatakan, bahwa konsentrasi diatas 15% akan menghasilkan total *yield* yang menurun, ini disebabkan karena pH penggumpalan protein akan semakin menurun mendekati pH isoelektrik sehingga protein akan mengalami kehilangan kemampuan kelarutannya dan semakin mudah untuk mengendap. Pada pH selain pH isoelektrik protein, protein akan mempunyai muatan dan akan tolak menolak, tetapi pada titik isoelektrik beda muatan yang ada semakin kecil, molekul-molekul akan saling berdampingan, membentuk agregat dan akan mengendap. Hal ini sesuai dengan pendapat Anggraini *et al.* (2013) yang menyatakan, bahwa penurunan pH akan menyebabkan penggumpalan susu tidak akan terjadi sempurna sampai menjadi *curd*. Penambahan penggumpal dengan konsentrasi yang terlalu kecil akan menghasilkan total solid yang banyak, tahu yang dihasilkan mudah patah dan *yield*nya yang kecil, sehingga akan mudah larut bersama dengan *whey* pada saat proses penyaringan. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan persentase *yield* yang dihasilkan.

Penambahan konsentrasi sari jeruk nipis sebanyak 15% menghasilkan jumlah *yield* yaitu sebesar 39,03 ± 0,034^b sedangkan penambahan dengan konsentrasi 10% menghasilkan total *yield* yang tidak jauh berbeda yaitu sebesar 39,73 ± 0,041^b, ini dikarenakan bahwa semakin tinggi konsentrasi bahan penggumpal dari ekstrak sari jeruk nipis menyebabkan persentase produk yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini diperkuat oleh pendapat Anggraini *et al.* (2013) yang menyatakan, bahwa hal tersebut dimungkinkan terjadi karena ketidakstabilan protein terhadap asam pada saat terjadi proses penguraian protein, semakin banyak penambahan bahan penggumpal yang ditambahkan semakin tinggi pula tingkat keasamannya dan semakin tinggi pula penguraian protein yang terjadi sehingga protein akan mudah larut dalam *whey*. Hal ini sesuai dengan pendapat Blazek (2008) yang menyatakan, bahwa kurangnya jumlah koagulan yang digunakan untuk koagulasi akan menyebabkan

pengendapan protein yang tidak sempurna sehingga menyulitkan memisahkan *whey* dan *curdnya*. Jumlah koagulan yang kurang juga akan menghasilkan pembentukan matriks *curd* yang renggang karena tidak sempurnanya pengendapan yang terjadi, akibatnya *curd* yang terbentuk akan terlalu lunak. Begitu pula sebaliknya apabila jumlah koagulan terlalu banyak akan membuat tekstur *curd* menjadi keras dan mengurangi palatabilitas yang terjadi. Hal ini berbanding lurus dengan kandungan air yang tinggi akan berpengaruh terhadap total *yield* yang dihasilkan.

Kadar Protein Tahu

Hasil pengujian kadar protein tahu kacang hijau dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang berbeda dapat dilihat pada Ilustrasi di bawah ini.



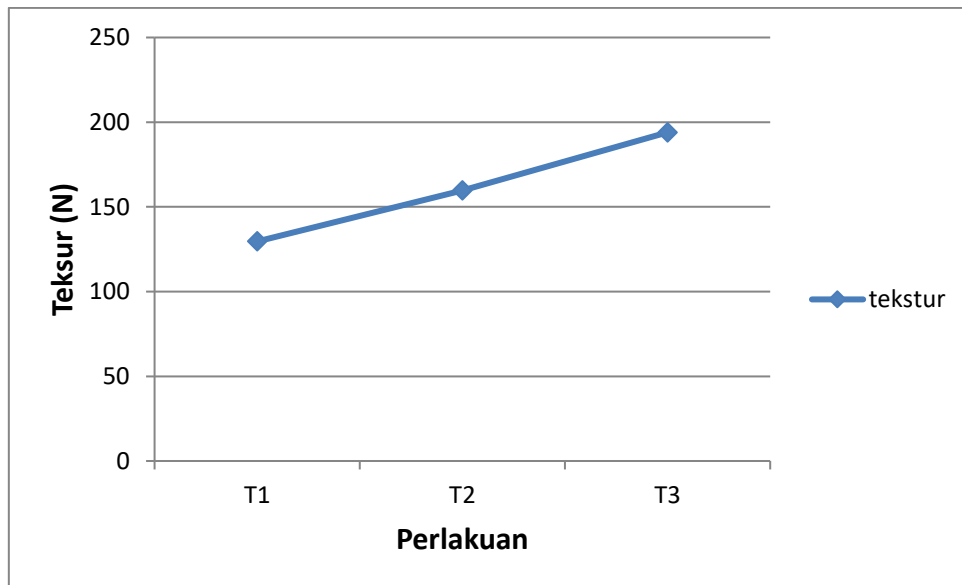
Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa kadar protein akan semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi penambahan sari jeruk nipis pada tahu. Penurunan kadar protein yang signifikan dapat terlihat pada tahu dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis 5% yaitu $11,98 \pm 0,23$, 10% yaitu $9,93 \pm 0,17$ dan penambahan sari jeruk nipis 15% yaitu $8,74 \pm 0,30$. Penurunan kadar protein sudah bisa dilihat dari T2 (tahu dengan penambahan sari jeruk nipis dengan penambahan 10%) yaitu $9,93 \pm 0,17$, penurunan yang dihasilkan memiliki perbedaan yang nyata ($P > 0,05$). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3142-1998 syarat mutu tahu yang baik yaitu memiliki kadar protein minimal 9,0%, namun berdasarkan data yang didapatkan dengan penambahan konsentrasi 15% kadar protein pada tahu hanya 8,74% lebih rendah dari yang disyaratkan oleh SNI. Hal ini, diduga berhubungan dengan terjadinya denaturasi protein karena penambahan asam yang berbeda pada produk tahu. Sari jeruk nipis memiliki sifat asam yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein. Protein yang menggumpal atau mengendap merupakan salah satu ciri fisik terjadinya denaturasi protein. Hal ini sesuai dengan pendapat Triyono (2010) yang menyatakan bahwa, penambahan asam dan panas akan mengakibatkan gumpalan yang banyak dengan intensitas gumpalan protein yang cukup tinggi. Suhu yang cukup tinggi juga dapat mengakibatkan terjadinya denaturasi protein. Terjadinya denaturasi protein dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pemanasan, pengadukan, asam atau basa dan garam. Tiap faktor tersebut memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap denaturasi protein. Pada saat proses penambahan asam dan pemanasan, akan terjadi koagulasi dan protein akan terdenaturasi lebih lanjut pada saat proses pemanasan. Hal ini diperkuat oleh pendapat Yulistiani dan Nuryati (2011) yang menyatakan bahwa, pada konsentrasi

15% maupun di atasnya, pH akan mendekati pH isoelektrik, proses tersebut membuat protein semakin mudah untuk mengendap dan semakin kehilangan kemampuan kelarutannya.

Pada produk tahu, kadar protein berbanding lurus dengan total kadar airnya. Semakin tinggi kadar protein, maka semakin tinggi pula kadar air yang terdapat pada produk tahu. Kadar protein yang rendah dapat terjadi disebabkan karena denaturasi protein. Denaturasi akan mengubah sifat protein menjadi sukar larut dalam air. Penambahan asam yang berlebihan akan menyebabkan denaturasi atau rusaknya struktur protein sehingga protein akan mengendap. Menurut Winarno (1992), denaturasi dapat diartikan sebagai perubahan atau modifikasi terhadap struktur sekunder, tersier dan kuaterner molekul protein, tanpa terjadinya pemecahan pemecahan ikatan-ikatan kovalen. Karena itu denaturasi dapat pula dikatakan sbagai proses terpecahnya ikatan hidrogen interaksi hidrofobik, ikatan garam dan terbentuknya lipatan. Hal ini diperkuat oleh pendapat Maharani *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa, semakin lama protein bereaksi dengan asam, maka kemungkinan terjadinya hidrolisis ikatan peptida semakin besar sehingga struktur primer protein rusak. Penambahan jumlah air sebagai pelarut, dan protein yang larut akan berdifusi ke pelarut air semakin banyak. Sehingga kadar protein yang tersisa dalam rafinat (ampas) semakin sedikit. Penambahan sari jeruk nipis ditambahkan apabila pemanasan telah mencapai $\pm 80^{\circ}\text{C}$. Denaturasi protein yang terjadi pada penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi 15% terjadi karena gumpalan protein belum terbentuk seluruhnya dan kemungkinan protein yang terkandung dalam kacang hijau sebagian akan ikut bersama dengan endapan patinya yang terjadi pada saat proses ekstraksi dengan menggunakan air. Hal ini diperkuat oleh pendapat Triyono, (2010) yang menyatakan bahwa kadar protein yang tersisa dalam ampas mempunyai interaksi berdasarkan adanya sifat hidrofilik dari protein. Sifat hidrofilik timbul dikarenakan adanya rantai sisi polar di sepanjang rantai peptida, yaitu gugus karboksil dan asam amino. Molekul protein memiliki beberapa gugus organik seperti atom N dan O yang tidak memiliki pasangan. Atom N pada rantai peptida memiliki muatan negatif sehingga akan menarik atom H dari air yang bermuatan positif. Molekul air yang ada akan berikatan dengan molekul air yang lain, karena atom elektron O tidak berpasangan. Semakin lama protein bereaksi dengan asam, maka kemungkinan terjadinya hidrolisis ikatan peptida semakin besar sehingga struktur primer protein rusak. Penambahan jumlah air sebagai pelarut, dan protein yang larut akan berdifusi ke pelarut air semakin banyak dan kadar protein yang tersisa dalam rafinat (ampas) semakin sedikit. Sehingga didapatkan perlakuan yang menghasilkan total kadar protein terbaik pada produk tahu yaitu dengan hasil $11,98 \pm 0,23^{\text{a}}$.

Tekstur Produk Tahu

Hasil pengujian tekstur produk tahu dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang berbeda dapat dilihat pada Ilustrasi di bawah ini.



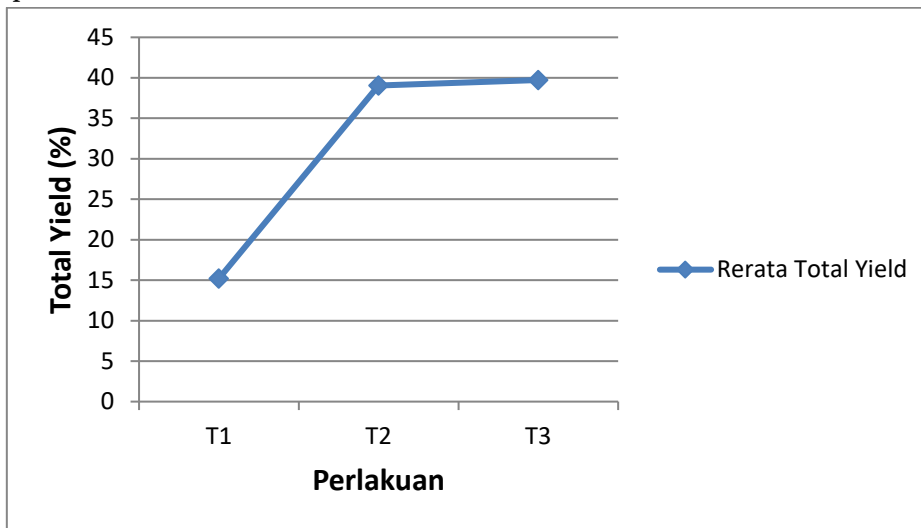
Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa tekstur tahu akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi penambahan sari jeruk nipis. Penambahan sari jeruk nipis dengan penambahan 5% akan menghasilkan tekstur terlampau lunak, tidak kompak, dan sulit untuk diolah ketahap selanjutnya, penambahan 10% akan menghasilkan tekstur yang kompak, padat, seperti gel, tidak terlampau lunak dan mudah untuk diolah pada tahap selanjutnya, sedangkan pada penambahan 15% akan menghasilkan tekstur yang kompak, padat, keras dan mudah untuk diolah pada tahap selanjutnya. Dari ketiga tahu kacang hijau hasil penelitian ini, tahu dengan tekstur yang baik adalah tahu kacang hijau dengan koagulan 10%, konsentrasi ini dapat menggumpalkan protein secara sempurna sehingga menghasilkan tekstur yang kompak, dan tidak terlalu keras, sedangkan dengan konsentrasi 5% terlalu sedikit untuk menggumpalkan protein sehingga tekstur yang dihasilkan terlalu lunak dan tidak terlalu kompak dan konsentrasi 15% akan menghasilkan tekstur yang kurang baik, hal ini disebabkan oleh koagulan yang ditambahkan terlalu banyak sehingga penggumpalan protein akan berlangsung lebih cepat meskipun suhu dan pH yang digunakan sama. Peningkatan tekstur pada tahu mulai terlihat pada penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi 10% yaitu $159,79 \pm 3,97$ yang kemudian akan terus meningkat hingga nilai tertinggi pada tahu dengan penambahan sari jeruk nipis 15% yaitu $194,00 \pm 9,35$. Peningkatan tersebut dapat terjadi karena konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang ditambahkan berbeda, yang akan membuat komposisi protein yang terbentuk memiliki perbedaan dan berdampak pada tekstur tahu yang dihasilkan. Agregat protein yang membentuk matriks *curd* akan mempengaruhi kekompakan pada tekstur tahu. Matriks ini pula yang mampu mengikat air, yang turut berkontribusi terhadap penentuan tekstur. Hal ini sesuai dengan pendapat Oakenfull *et al.* (1997) yang menyatakan bahwa, perlakuan konsentrasi koagulan dan temperatur koagulasi mempengaruhi mutu tekstur tahu. Atribut tekstur *curd* protein kacang hijau dipengaruhi oleh kondisi koagulasi, seperti pH, suhu, agen koagulan, kekuatan ionik dan denaturasi protein. Hal ini diperkuat oleh pendapat Midayanto dan Yuwono (2014) yang menyatakan bahwa, apabila tahu memiliki kandungan air yang tinggi akan menghasilkan tekstur tahu yang lunak dan lembut dan begitu sebaliknya, apabila tahu memiliki kadar air yang rendah akan menghasilkan tahu dengan tekstur yang kasar dan keras.

Perbedaan karakteristik tahu yang berbeda dapat dikaitkan dengan kadar air tahu. Tahu yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi memiliki kemampuan untuk menahan air yang rendah. Tahu yang lunak memiliki kadar air yang tinggi, sekitar 84-90%. Hal ini diperkuat oleh pendapat Obatolu (2007) yang menyatakan bahwa, tahu yang memiliki tekstur yang lunak disebabkan tidak sempurnanya protein yang mengendap sehingga mengakibatkan renggangnya jaringan matriks yang

terbentuk. Menurut Blazek (2008) konsentrasi koagulan, perbedaan penggunaan jenis koagulan, tekanan terhadap *curd*, pengadukan yang dilakukan pada saat koagulasi akan menghasilkan tahu yang bervariasi mulai dari keras hingga lunak dengan kadar air sekitar 70-90% dan kandungan protein 5-16%.

Total Yield

Hasil total *yield* tahu dengan konsentrasi penambahan sari jeruk nipis yang berbeda dapat dilihat pada Ilustrasi di bawah ini.



Berdasarkan ilustrasi diatas, diperoleh hasil bahwa konsentrasi penambahan sari jeruk nipis memberikan pengaruh yang nyata terhadap total *yield* produk tahu yang dihasilkan. Penambahan sari jeruk dengan penambahan 5% memiliki total kadar *yield* yang rendah yaitu sebesar 15,20% ± 0,029, penambahan 10% menghasilkan total kadar *yield* sebesar 39,03% ± 0,034, sedangkan penambahan sari jeruk nipis dengan konsentrasi sebesar 15% menghasilkan total kadar *yield* yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan penambahan 10% yaitu sebesar 39,73% ± 0,04. Hal ini diperkuat oleh pendapat Yulistiani dan Nuryati (2011) yang menyatakan bahwa konsentrasi diatas 15% akan menghasilkan total *yield* yang menurun, ini disebabkan karena pH penggumpalan protein akan semakin menurun mendekati pH isoelektrik sehingga protein akan mengalami kehilangan kemampuan kelarutannya dan semakin mudah untuk mengendap. Pada pH selain pH isoelektrik protein, protein akan mempunyai muatan dan akan tolak menolak, tetapi pada titik isoelektrik beda muatan yang ada semakin kecil, molekul-molekul akan saling berdampingan, membentuk agregat dan akan mengendap. Hal ini sesuai dengan pendapat Anggraini *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa penurunan pH akan menyebabkan penggumpalan susu tidak akan terjadi sempurna sampai menjadi *curd*. Penambahan penggumpal dengan konsentrasi yang terlalu kecil akan menghasilkan total solid yang banyak, tahu yang dihasilkan mudah patah dan *yield*nya yang kecil, sehingga akan mudah larut bersama dengan *whey* pada saat proses penyaringan. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan persentase *yield* yang dihasilkan.

Penambahan konsentrasi sari jeruk nipis sebanyak 15% tidak terlalu berbeda dengan penambahan dengan konsentrasi 10% ini dikarenakan bahwa semakin tinggi konsentrasi bahan penggumpal dari ekstrak sari jeruk nipis menyebabkan persentase produk yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini diperkuat oleh pendapat Anggraini *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa hal tersebut dimungkinkan terjadi karena ketidakstabilan protein terhadap asam pada saat terjadi proses penguraian protein, semakin banyak penambahan bahan penggumpal yang ditambahkan semakin tinggi pula tingkat keasamannya dan semakin tinggi pula penguraian protein yang terjadi sehingga protein akan mudah larut dalam *whey*. Hal ini sesuai dengan pendapat Blazek (2008) yang

menyatakan bahwa kurangnya jumlah koagulan yang digunakan untuk koagulasi akan menyebabkan pengendapan protein yang tidak sempurna sehingga menyulitkan memisahkan *whey* dan *curdnya*. Jumlah koagulan yang kurang juga akan menghasilkan pembentukan matriks *curd* yang renggang karena tidak sempurnanya pengendapan yang terjadi, akibatnya *curd* yang terbentuk akan terlalu lunak. Begitu pula sebaliknya apabila jumlah koagulan terlalu banyak akan membuat tekstur *curd* menjadi keras dan mengurangi palabilitas yang terjadi. Hal ini berbanding lurus dengan Kandungan air yang tinggi akan berpengaruh terhadap total *yield* yang dihasilkan.

SIMPULAN

Semakin besar konsentrasi penambahan sari jeruk nipis menghasilkan nilai tekstur dan total *yield* yang semakin tinggi. Begitu pula sebaliknya semakin rendah koagulan yang ditambahkan semakin tinggi kadar air yang dan protein yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, T. T. dan I. Novo. 2004. Kedelai, kacang hijau, kacang panjang. Absolut, Yogyakarta
- Anggraini, R. P., A. H. D., Rahardjo dan R. S. S. Santosa. 2013. Pengaruh level enzim *bromelin* dari nanas masak dalam pembuatan tahu susu terhadap rendemen dan kekenyalan tahu susu. *J. Ilmiah Peternakan* 1 (2) : 507 – 513
- Akesowan, A. 2008. Effect of combined stabilizers containing konjac flour and carrageenan on ice cream. *AU Journal of Thailand*. 12(2): 81-85.
- Aryanti N., D. Kurniawati, A. Maharani dan D. H. Wardhani. 2016. Karakteristik dan analisis sensorik produk tahu dengan koagulan alami. *J. Ilmiah Teknosains*. 2 (2) : 73 – 81.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Statistik Konsumsi Pangan.
- Blazek V. 2008. Chemical and biochemical factors that influence the gelation of soybean protein and the yield of tofu [tesis]. Sydney: Faculty of Agriculture, Food and Natural Resources, The University of Sydney.
- Alberto, M. R., M. A. R. Canavosio, and M. D. Nadra. 2006. Antimicrobial effect of polyphenols from apple skins on human bacterial pathogens. *Electronic Journal of Biotechnology*. 9(3): 205.
- Cahyadi, W. 2009. Analisis & Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan, Edisi kedua, Bumi Aksara, Jakarta.
- Haliza, W. Endang Y. Purwani dan R. Thahir. 2007. Pemanfaatan kacang-kacangan lokal sebagai substitusi bahan baku tempe dan tahu. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. Vol. 3.
- Johnson L.D., and L.A. Wilson. 1984. Influence of soybean variety and the method of processing in tofu manufacturing: comparison of methods for measuring soluble solids in soymilk. *J Food Sci*, 49: 202.
- Maharani, A., D. Kurniawati dan N. Aryanti. 2012. Pengaruh jenis agen pengendap alami terhadap karakteristik tahu. *J. Teknologi Kimia dan Industri*, 1 (1) : 528 – 533.
- Midayanto, D. N. dan S. S. Yuwono. 2014. Penentuan atribut mutu tekstur tahu untuk direkomendasikan sebagai syarat tambahan dalam Standar Nasional Indonesia. *J. Pangan dan Agroindustri*, 2 (4) : 259 – 267
- Oakenfull D., J. Pearce and R. W. Burley. 1997. Protein gelation. In: Damodaran S, Paraf A (eds). *Foods Protein and Their Applications*. New York: Marcel Dekker, Inc., pp 111-142.
- Obatolu. 2007. Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. *J. Eur Food Res and Tech*, 226 : 467 – 267.
- Sethpakdee, S. 1992. Citrus aurantifolia, in : Edible Fruit and Nut: Prosea Plant Resources of South East Asia 2, Verheij. E. W. M and Conorel. R. E. (Eds.), 126-128
- Standar Nasional Indonesia 01-3142-1998 tentang tahu.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 1997. Prosedur untuk uji analisis makanan dan pertanian. Liberty, Yogyakarta.
- Triyono, A. 2010. Mempelajari pengaruh maltodekstrin dan susu skim terhadap karakteristik yoghurt kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.). Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro
- Utami, I. S. A. Murdiati dan S. Kanoni. 1992. Pengendalian tekstur tahu pengaruh ekstraksi dan penggumpalan. *Agritech*. 12 (2) : 28 – 33.

- Vega, C., D. Elkana, O. Putri, R. Leonard dan S. Andriyono. 2013. Rekayasa chitosan sebagai pengawet dan meningkatkan kadar protein dalam tahu. *J. Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 5(2) : 145 – 149.
- Winarno F. G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yulistiani, R. dan A. Nuryati. 2011. Efektifitas asam sitrat sebagai bahan penggumpal dan pengawet pada produk tahu. *Rekapangan : Jurnal Teknologi Pangan*, 3 (2) : 103 – 112.