

PENGARUH METODE PERENDAMAN KEDELAI (*GLYCINE MAX*) TERHADAP KARAKTERISTIK PEKTIN

*The Effect of Soybean (*Glycine max*) Soaking Method on Characterization of Pectin*

Ivy Dian Puspitasari Prabowo*, Simon Bambang Widjanarko, Sudarminto Setyo Yuwono
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran Malang 65145

*Penulis Korespondensi: email: pii_ivy@yahoo.com

ABSTRAK

Perendaman kedelai dapat mempengaruhi rendemen dan derajat esterifikasi dari pektin. Setiap industri tempe memiliki metode perendaman kedelai yang berbeda-beda. Air rendaman kedelai dan kulit ari kedelai merupakan produk samping dari industri tempe yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan pektin. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan metode perendaman kedelai yang terbaik untuk menghasilkan rendemen dan derajat esterifikasi pektin yang tinggi, sekaligus mengetahui kadar asam galakturonat. Pengujian dilakukan secara RAK (Rancangan Acak Kelompok) dengan faktor metode perendaman kedelai yaitu (1) kedelai direbus 30 menit, (2) kedelai direndam 18 jam kemudian direbus 30 menit, dan (3) kedelai direbus 30 menit kemudian direndam 18 jam. Hasil penelitian menunjukkan kedelai yang direbus 30 menit kemudian direndam 18 jam merupakan perlakuan yang paling baik karena memiliki rendemen ($1.12 \pm 0.03\%$) dan derajat esterifikasi ($56.33 \pm 1.96\%$) yang paling tinggi. Pektin dari penelitian ini memiliki kadar asam galakturonat sebesar $22.45 \pm 0.84\%$. Industri tempe dapat menerapkan penelitian ini untuk mengurangi limbah padat dan limbah cair menjadi pektin.

Kata kunci : Asam Galakturonat, Derajat Esterifikasi, Kedelai, Pektin, Rendemen

ABSTRACT

Soaking soybean may affect the yield and degree of esterification of pectin. Each tempe industry has different soybean soaking methods. Soaking soybean water and soybean hull are a by-product of tempe industry which has potential as raw material for pectin making. The purpose of this research is to determine the best soybean soaking method to produce high yield and degree of esterification, simultaneously to determine galacturonic acid content. The experiments used RAK (Randomized Block Design) with factor of soybeans soaking method. The methods were: (1) Soybean boiled for 30 minutes, (2) Soybeans soaked 18 hours then boiled 30 minutes, and (3) Soybean boiled 30 minutes then soaked 18 hours. The results showed that soaked soybeans 30 minutes and then soaked 18 hours is the best treatment because it has the highest yield ($1.12 \pm 0.03\%$) and degree of esterification ($56.33 \pm 1.96\%$). The pectin of this soybean has $22.45 \pm 0.84\%$ of galacturonic acid. Tempe industry can apply this research to reduce its solid and liquid waste to be pectin

Keywords : Degree of Esterification, Pectin, Physical Characteristic, Soybean, Yield

PENDAHULUAN

Industri pengolahan tempe memiliki masalah dalam penanganan limbah berupa air rendaman dan kulit ari kedelai. Kedelai memiliki 90% kotiledon, 8% kulit ari, dan 2% germ (Choct *et al.*, 2010). Dinding sel kedelai mengandung 30% pektin, 50% hemiselulosa, dan 20% selulosa (Stombaugh *et al.*, 2000). Monsoor dan Proctor (2001) berhasil mengekstraksi 7.68–16.31% pektin dari kulit ari kedelai dan memiliki derajat esterifikasi sebesar 54–59%. Kalapathy dan Proctor (2001) dapat mengekstraksi 18–26% pektin dari kulit ari kedelai dan memiliki derajat esterifikasi sebesar 17.09–20.79%. Pada penelitian Monsoor (2005), ekstraksi sebesar 16.31–21.87% pektin dari kulit ari kedelai dan memiliki derajat esterifikasi sebesar 18.84–20.23% dapat dilakukan. Pektin dapat digunakan sebagai pengental dan stabilisasi (Pinhiero *et al.*, 2008).

Proses pembuatan tempe antara lain: perendaman kedelai dan/atau perebusan, pengupasan kulit ari kedelai, dan fermentasi menggunakan *Rhizopus sp.* Proses perendaman kedelai merupakan proses pre-fermentasi dimana bakteri asam laktat tumbuh secara spontan (Pisol *et al.*, 2013; Dai *et al.*, 2017; Salakkam *et al.*, 2017). Pra fermentasi kedelai menyebabkan penurunan pH menjadi 4.5–5.3 (Katz, 2012; Camiscia *et al.*, 2018). Asam dapat mendegradasi protopektin menjadi pektin yang bersifat larut dalam air (Yeoh *et al.*, 2008; Kulkarni dan Vijayanand, 2010). Rendemen pektin meningkat seiring dengan penurunan pH (Wai *et al.*, 2010). Penurunan pH dapat menyebabkan penurunan derajat esterifikasi (Kulkarni dan Vijayanand, 2010; Wai *et al.*, 2010; Fathi *et al.*, 2013). Proses pemanasan dengan air juga dapat melarutkan pektin, sehingga berpeluang adanya pektin dalam air rendaman kedelai (Koubala *et al.*, 2008; Chan dan Choo, 2013). Pektin diekstrak dari kulit ari kedelai dan pektin yang terdapat di dalam air redaman kedelai dapat diisolasi dengan proses koagulasi. Pektin dapat terkoagulasi dengan alkohol (etanol atau metanol) atau $Al_2(SO_4)_3$ (Seggiani *et al.*, 2009). Pada penelitian ini, pektin dikoagulasi dan dipisahkan menggunakan etanol 96%.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan metode perendaman kedelai yang terbaik untuk menghasilkan rendemen dan derajat esterifikasi pektin yang tinggi, sekaligus mengetahui kadar asam galakturonatnya.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah kedelai yang digunakan adalah kedelai varietas Anjasmoro yang didapatkan dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang, Jawa Timur, Indonesia. Kulit ari kedelai diekstrak dengan menggunakan HCl 0.1N “Merck” dan dikoagulasi menggunakan etanol 96% teknis.

Bahan kimia yang digunakan untuk analisis penelitian ini adalah NaOH p.a “Merck”, Etanol p.a “Merck”, indikator Phenolphthalein 1%, HCl p.a “Merck”, Akuades, standard D-Galacturonic acid monohydrate “Sigma”, dan Trifluoroacetic acid p. A “Merck”.

Alat

Alat-alat yang digunakan untuk ekstraksi pektin adalah timbangan digital “xp-1500, Jerman”, erlemeyer 250 ml, saringan 40 mesh, kompor, gelas beaker 250 ml, gelas ukur 100 ml, kain saring 4 lapis, oven “Memmert”, mortar, dan shaker waterbath “Julabo”. Alat-alat yang digunakan untuk analisis adalah timbangan analitis “Mettler Toledo”, gelas beaker 250 ml, bola hisap, corong, pipet tetes, pipet volume 10ml, erlemeyer 250ml, pipet ukur 10 ml, botol timbang, buret, statif, oven listrik, kertas whatman no. 42, pH meter “eutech”, eksikator, shaker waterbath “Julabo”, kertas saring kasar, centrifuge, millex 0,4 μ m, HPLC detektor RI, dan kolom Metacarb 87C.

Metode

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan faktor metode perendaman kedelai yaitu (1) kedelai direbus 30 menit, (2) kedelai direndam 18 jam kemudian direbus 30 menit, dan (3) kedelai direbus 30 menit kemudian direndam 18 jam. Pengujian ini diulang sebanyak lima kali.

Tahap Penelitian

1000 g kedelai kering direbus hingga matang (30 menit) sebagai perlakuan satu, kedelai yang kedelai yang direndaman 18 jam selanjutnya direbus 30 menit sebagai perlakuan kedua, dan direbusan 30 menit kemudian direndam 18 jam sebagai perlakuan ketiga.

Kedelai yang telah direndam selanjutnya dikupas kulit arinya dan diuji pH air

rendaman. Kulit ari kedelai diekstrak menggunakan *Shaker waterbath* dan menggunakan HCl sebagai pelarut dengan konsentrasi 0.1 N, rasio kedelai:pelarut 1:3, selama 45 menit, dan pada suhu 90 °C. Kulit ari kedelai yang telah diekstrak dengan asam kemudian dipisahkan dari pelarutnya menggunakan saringan 40 mesh. Filtrat yang dihasilkan dan air rendaman kedelai dikoagulasi dengan menggunakan etanol 96% dengan rasio pelarut:etanol 1:1. Pektin yang menggumpal dipisahkan dengan menggunakan kain saring 4 lapis. Pektin kemudian dilakukan pencucian sebanyak 2 kali menggunakan etanol 96% dan disaring kembali. Selanjutnya, pektin dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 40 °C selama 12 jam.

Tahap Pengujian

a. pH Air Rendaman Kedelai

Kedelai yang telah direbus atau direndam kemudian diambil air rendamannya. 100 ml air rendaman diuji pH dengan menggunakan pH meter.

b. Rendemen Pektin

Pektin yang telah dikeringkan selanjutnya ditimbang untuk mengetahui rendemen pektin yang dihasilkan. Menentukan rendemen pektin dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\% \text{rendemen} = \frac{\text{berat pektin yang terekstrak (g)}}{\text{berat kedelai (g)}} \times 100 \quad \dots(1)$$

c. Derajat Esterifikasi (Bochek et al., 2001)

0.2 g sampel diberi 0.5 ml etanol 96% p.a dan dilarutkan dengan 20 ml akuades, kemudian dipanaskan 40 °C, selama 2 jam. Tambahkan 5 tetes Phenolphthalein. Sampel dititrasi dengan NaOH 0.1 N hingga berubah warna. Volume NaOH yang dibutuhkan dicatat (V_1). 10 ml NaOH 0.1 N ditambahkan. Titat didiamkan selama 2 jam dalam keadaan tertutup. Sampel dicampur dengan 10 ml HCl 0.1 N. Sampel dititrasi dengan NaOH 0.1 N hingga berubah warna. Volume NaOH dicatat (V_2). Penentuan derajat esterifikasi pektin dapat ditentukan dengan Persamaan 2.

$$\text{Derajat esterifikasi (\%)} = \frac{v_2}{v_1 + v_2} \times 100\% \quad \dots(2)$$

d. Kadar Asam Galakturonat (Rascón-Chu et al., 2009)

Penentuan kadar asam galakturonat pektin tidak dilakukan pada semua perlakuan. Pengujian kadar asam galakturonat hanya dilakukan pada perlakuan yang menghasilkan pektin dengan rendemen dan derajat esterifikasi yang paling tinggi.

0.25 g sampel masukan dalam conical 50 ml, ditambahkan 4 N trifluoroacetic acid (TFA), dipanaskan dengan suhu waterbath 95 °C selama 4 jam (conical tertutup), divortex selama 1 menit, kemudian di centrifuge berkecepatan 3000 rpm selama 5 menit dan disaring menggunakan kertas saring kasar. Filtrat yang didapatkan selanjutnya dirotavapor hingga tinggal fasa H_2O sebanyak 2 ml. Filtrat dipindahkan ke dalam labu ukur 5 ml ditempatkan sampai tanda batas dengan H_2O , selanjutnya disaring dengan millex 0.45 μm . Filtrat diencerkan dengan mencampurkan 50 μl sampel dan 950 μl H_2O . (sampel mengalami pengenceran 20x). Pencampuran 50 μl standar 10000 ppm dan 950 μl H_2O . Pada penelitian ini, standar mengalami pengenceran 20x, sehingga konsentrasi standar dalam sampel adalah 500 ppm. Sampel diinjeksikan 50 μl ke HPLC, dengan kondisi setting HPLC antara lain kolom (Metacarb 87 C), Eluent menggunakan H_2O , flow sebesar 0.6 ml/min, detektor (RI), serta suhu sebesar 85 °C.

Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisa secara statistik untuk mengetahui adanya perbedaan antar perlakuan dengan menggunakan uji ANOVA pada $\alpha=5\%$ menggunakan Minitab 16. Apabila ada perbedaan, maka dilanjutkan dengan uji Tukey (BNJ) untuk menentukan nilai kritis uji perbandingan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH Air Rendaman Kedelai

Pada penelitian ini menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok) dengan perlakuan pertama adalah kedelai yang hanya direbus saja selama 30 menit, perlakuan kedua kedelai yang direndam 18 jam kemudian direbus 30 menit, serta perlakuan ketiga adalah kedelai yang direbus 30 menit kemudian direndam 18 jam. Pada penelitian ini kedelai

direndam dengan air dengan perbandingan 1:3 seperti yang dilakukan oleh kebanyakan industri tempe. Perbedaan metode perendaman tersebut menyebabkan terjadinya perubahan pH pada air rendaman. Data pH air rendaman dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 dapat dilihat air rendaman dari kedelai yang direbus dahulu baru direndam memiliki pH yang paling rendah yaitu 4.3, sedangkan kedelai yang hanya direbus saja memiliki pH paling tinggi yaitu 6.6. Perubahan pH pada air rendaman kedelai diduga disebabkan oleh aktivitas bakteri asam laktat. Menurut Pisol *et al.* (2013) jumlah bakteri asam laktat pada air rendaman kedelai dapat mencapai 9.5×10^8 CFU/ml.

Kedelai yang direbus saja memiliki pH yang paling tinggi karena diduga belum ada aktivitas bakteri asam laktat karena kondisi kedelai berada pada suhu sekitar 100 °C. Pada suhu tersebut bakteri asam laktat tidak bisa tumbuh karena kondisi optimum bakteri asam laktat mesofilik pada suhu 20-30 °C dan bakteri asam laktat termofilik optimum tumbuh pada suhu 30-45 °C (Gemechu, 2015).

Derajat Esterifikasi Pektin

Pektin dengan derajat esterifikasi diatas 50% tergolong dalam pektin metoksil tinggi, sedangkan pektin dengan derajat esterifikasi dibawah 50% tergolong pektin metoksil rendah (Sriamornsak, 2003). Derajat esterifikasi pektin dari hasil penelitian tahap 1 antara 48.70% hingga 56.33%. Data pengaruh metode perendaman terhadap derajat esterifikasi pektin dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa perlakuan kedelai direbus saja dengan kedelai yang direndam, kemudian direbus memiliki notasi yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antara kedua perlakuan tersebut. Pada kedelai yang direbus dan direndam memiliki notasi yang berbeda artinya kedelai yang direbus dan direndam memiliki hasil derajat esterifikasi yang berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan kedelai yang direbus dahulu kemudian baru direndam memiliki nilai derajat esterifikasi yang paling tinggi yaitu 56.33%.

Kedelai yang direbus terlebih dahulu kemudian baru direndam memiliki derajat esterifikasi yang paling tinggi karena pada larutan kedelai yang direbus kemudian direndam memiliki pH yang paling rendah (Gambar 1) dibanding perlakuan lainnya sehingga semakin meningkatkan kelarutan

pektin. Adanya asam dari larutan dapat mendegradasi protopektin menjadi pektin yaitu dengan menggantikan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari protopektin dengan ion H^+ dari larutan sehingga terbentuk pektin yang mudah larut (Yeoh *et al.*, 2008). Pektin memiliki gugus karboksil teresterifikasi, semakin banyak gugus karboksil teresterifikasi maka, semakin tinggi nilai derajat esterifikasi pektin. Pektin metoksil tinggi memiliki kelarutan tinggi pada suasana asam (Sriamornsak, 2003). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Monsoor *et al.* (2001), semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka semakin tinggi derajat esterifikasi pektin dari kulit ari kedelai.

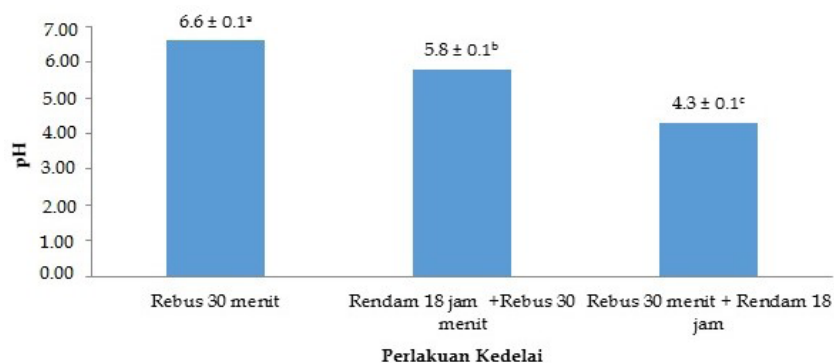
Penelitian sebelumnya, Monsoor dan Proctor (2001) dapat mengekstraksi pektin yang memiliki derajat esterifikasi 20.79%, Kalapathy and Proctor (2001) dapat mengekstraksi pektin yang memiliki derajat esterifikasi 59%, dan Monsoor (2005) dapat mengekstraksi pektin yang memiliki esterifikasi 20.23%. Derajat esterifikasi pektin dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Kalapathy dan Proctor (2001). Derajat esterifikasi penelitian ini lebih besar dari penelitian Monsoor dan Proctor (2001) serta Monsoor (2005) karena pada penelitian tersebut menggunakan pH larutan yang lebih rendah sehingga menghasilkan derajat esterifikasi pektin yang berbeda pula.

Rendemen Pektin

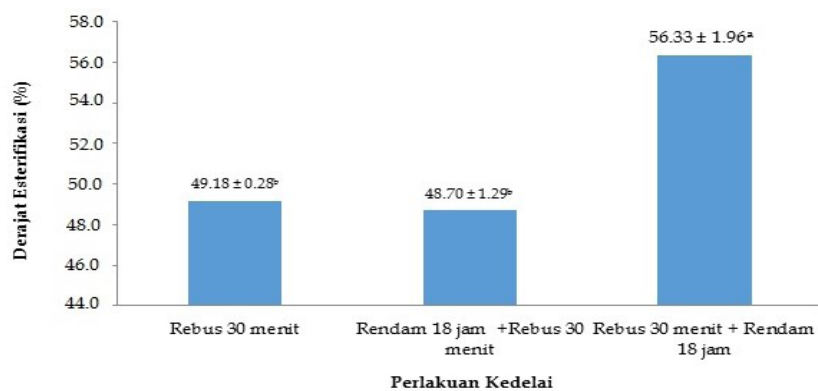
Rendemen pektin diperoleh dari mengukur persentase pektin kering yang dihasilkan dari satu kg kedelai. Rendemen pektin dari hasil penelitian antara 0.25% hingga 1.12%. Perlakuan metode perendaman kedelai memiliki pengaruh terhadap jumlah rendemen pektin. Data Pengaruh Metode Perendaman terhadap Rendemen Pektin dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa tiap perlakuan memiliki notasi yang berbeda. Notasi yang berbeda ini artinya setiap perlakuan memiliki hasil rendemen pektin yang berbeda nyata. Perlakuan kedelai yang direbus terlebih dahulu kemudian direndam memiliki jumlah rendemen yang paling tinggi yaitu 1.12% atau dalam 1 kg kedelai dapat menghasilkan 11.2 g pektin. Rendemen pektin yang paling rendah adalah pada kedelai yang direbus saja yaitu sebesar 0.25%.

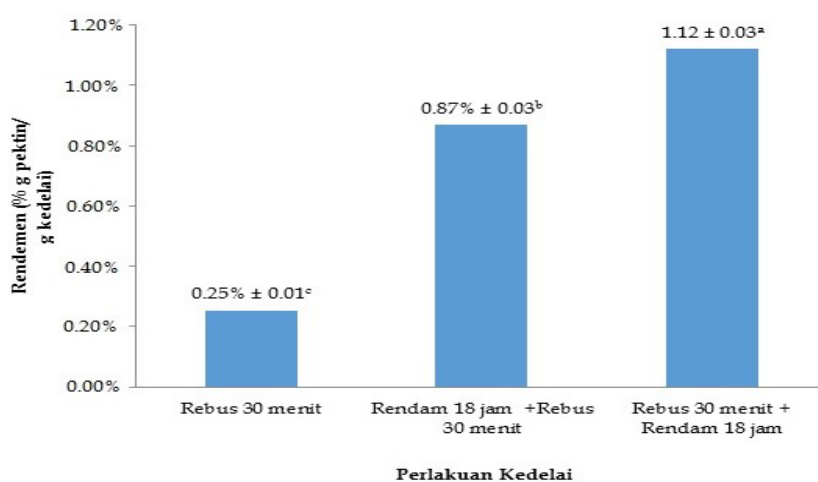
Pada kedelai yang direbus dan direndam menghasilkan rendemen paling tinggi.



Gambar 1. Pengaruh metode perendaman terhadap pH air rendaman, dengan nilai rata-rata ± standar deviasi dari lima kali ulangan



Gambar 2. Pengaruh Metode Perendaman terhadap Derajat Esterifikasi Pektin, dengan nilai rata-rata ± standar deviasi dari lima kali ulangan



Gambar 3. Pengaruh metode perendaman terhadap rendemen pektin dengan nilai rata-rata ± standar deviasi dari lima kali ulangan

Kedelai yang direbus kemudian direndam mengalami penurunan pH hingga 4.4 (Gambar 1). pH yang rendah ini menunjukkan banyaknya asam yang terdapat pada air rendaman kedelai. Asam yang tinggi menyebabkan semakin banyak protopektin yang terhidrolisis sehingga terbentuk pektin (Sulihono *et al.*, 2012; Nurhikmat, 2003). Penurunan pH menyebabkan banyaknya ion H⁺ yang terbentuk. Ion H⁺ dapat menggantikan ion kalsium dan magnesium yang terdapat pada protopektin sehingga terbentuk senyawa pektin yang larut dalam air (Sulihono *et al.*, 2012). Pada perlakuan kedelai yang direndam terlebih dahulu baru direbus memiliki pH larutan sebesar 5.8 sehingga memiliki rendemen yang tidak sebanyak kedelai yang direbus dahulu baru direndam.

Pada kedelai yang hanya direbus saja memiliki pH larutan sebesar 6.6 (Gambar 1), sehingga menghasilkan rendemen yang paling rendah, sesuai dengan beberapa penelitian mengenai pektin, misalnya ekstraksi pektin dari mangga (Wang *et al.*, 2016; Huang *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2018). Rendemen pektin yang diekstraksi dengan air hanya mendapatkan rendemen sebanyak 132 mg/g sedangkan rendemen pektin yang diekstrak dengan HCl pH 1.5 memiliki rendemen sebanyak 263 mg/g. Jadi, pH larutan yang rendah dapat meningkatkan rendemen pektin. Selain itu, pada perlakuan kedelai yang hanya direbus saja tidak memiliki cukup waktu kontak dengan pelarut. Waktu ekstraksi perlu diperhatikan untuk memastikan semua protopektin terhidrolisis menjadi pektin (Yujaroen *et al.*, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh Erika (2013) dan Hanum *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa semakin rendah pH yang digunakan untuk ekstraksi, maka semakin besar rendemen pektin yang diperoleh.

Pemilihan Perlakuan Tahap 1 Terbaik

Pertimbangan pemilihan perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah perlakuan yang dapat menghasilkan rendemen tertinggi dan derajat esterifikasi tertinggi. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah perlakuan dengan merebus kedelai selama 30 menit kemudian direndam selama 18 jam. Kedelai yang direbus dahulu baru direndam menghasilkan rendemen pektin sebesar 1.12% (Gambar 3) dan derajat esterifikasi 56.33% (Gambar 2).

Kadar Asam Galakturonat

Kadar asam galakturonat semakin tinggi menunjukkan kemurnian pektin semakin tinggi (Naqash *et al.*, 2017; Dranca dan Oroian, 2018; Wang *et al.*, 2018). Kadar asam galakturonat yang dihasilkan dari penelitian ini sebesar $22.45 \pm 0.84\%$. Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pektin yang dihasilkan memiliki kemurnian yang rendah, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kemurnian pektin.

SIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan metode perendaman dengan cara perebusan kedelai (30 menit) kemudian direndam (18 jam) memiliki rendemen ($1.12 \pm 0.03\%$) dan derajat esterifikasi ($5.33 \pm 1.96\%$) yang paling tinggi dan merupakan perlakuan yang terbaik. Kadar asam galakturonat dari penelitian ini sebesar $22.45 \pm 0.84\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- Bochek, A, M, Zabivalova, N, M, Petropavlovskii, G, A. 2001. Determination of the esterification degree of Polygalacturonic acid. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 74(5):796-799
- Camiscia, P, Giordano, E, D, V, Brassesco, M, E, Fuciños, P, Pastrana, L, Cerqueira, M, F, Picó, G, A, Valetti, N, W. 2018. Comparison of soybean hull pre-treatments to obtain cellulose and chemical derivatives: physical chemistry characterization. *Carbohydrate Polymers*. 198:601-610
- Chan, S, Y, Choo, W. S. 2013. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry*. 141(4):3752-3758
- Choct, M, Dersjant-Li, Y, McLeish, J, Peisker, M. 2010. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23(10):1386-1398

- Dai, C, Ma, H, He, R, Huang, L, Zhu, S, Ding, Q, Luo, L. 2017. Improvement of nutritional value and bioactivity of soybean meal by solid-state fermentation with *Bacillus subtilis*. *LWT*. 86:1-7
- Dranca, F, Oroian, M. 2018. Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications. *Food Research International*. 113:327-350
- Erika, C. 2013. Ekstraksi pektin dari kulit Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Menggunakan Amonium Oksalat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 5(2):1-6
- Fathi, B, Maghsoudlou, Y, Ghorbani, M., Khomeiri, M. 2013. Effect of pH, temperature and time of acidic extraction on the yield and characterization of pectin obtained from pumpkin waste. *Journal of Food Research University of Tabriz*. 22(4):465-475
- Gemechu, T. 2015. Review on lactic acid bacteria function in milk fermentation and preservation. *African Journal of Food Science*. 9(4):170-175
- Hanum, F, Kaban, I, M, D, Tarigan, M, A. 2012. Ekstraksi pektin dari kulit buah pisang raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(2):21-26
- Huang, B, Zhao, K, Zhang, Z, Liu, F, Hu, H, Pan, S. 2018. Changes on the rheological properties of pectin-enriched mango nectar by high intensity ultrasound. *LWT*. 91:414-422
- Kalapathy, U, Proctor, A. 2001. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food Chemistry*. 73:393-396
- Katz, SE. 2012. *The art of fermentation: an in-depth exploration of essential concepts and processes from around the world*. Chelsea green publishing, New York
- Koubala, B, Mbome, L I, Kansci, G, Mbiapo, F, T, Crepeau, M, J, Thibault, J, F, Ralet, M, C. 2008. Physicochemical properties of pectins from ambarella peels (*Spondias cytherea*) obtained using different extraction conditions. *Food Chemistry*. 106(3):1202-1207
- Kulkarni, S, G, Vijayanand, P. 2010. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa L.*). *LWT - Food Science and Technology*. 43(7):1026-1031
- Monsoor, M, A. 2005. Effect of drying methods on the functional properties of soy hull pectin. *Carbohydrate Polymers*. 61(3):362-367
- Monsoor, M, A, Proctor, A. 2001. Preparation and functional properties of soy hull pectin. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 78:709-713
- Monsoor, M, A, Kalapathy, U, Proctor, A. 2001. Improved method for determination of pectin degree of esterification by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(6):2756-2760
- Naqash, F, Masoodi, F, A, Rather, S, A, Wani, S, M, Gani, A. 2017. Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin-a Review. *Carbohydrate Polymers*. 168:227-239
- Nurhikmat, A. 2003. Ekstraksi pektin dari apel lokal: optimasi pH dan waktu hidrolisis. *Widyariset*. 4:23-31
- Oliveira, A, N, Paula, D, A, Oliveira, E, B, Saraiva, S, H, Stringheta, P, C, Ramos, A, M. 2018. Optimization of pectin extraction from Ubá mango peel through surface response methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*. 113:395-402
- Pinheiro, E, R, Silva, I, M, D, A, Gonzaga, L, V, Amante, E, R, Teófilo, R, F, Ferreira, M, M, C, Amboni, R, D, M, C. 2008. Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology. *Bioresource Technology*. 99(13):5561-5566
- Pisol, B, Nuraida, L, Abdullah, N, Suliantari, Khalil, K, A, 2013. Isolation and characterization of lactic acid bacteria from indonesia soybean tempe. *IPCBE*. 58:32-36
- Rascón-Chu, A, Martínez-López, A, L, Carvajal-Millán, E, de León-Renova, N, E P, Márquez-Escalante, J, A, Romo-Chacón, A. 2009. Pectin from low quality 'golden delicious' apples: composition and gelling capability. *Food Chemistry*. 116(1):101-103
- Salakkam, A, Kingpho, Y, Najunhom, S, Aiamsonthi, K, Kaewlao, S, Reungsang, A. 2017. Bioconversion of soybean residue for use as alternative nutrient source for ethanol fermentation. *Biochemical Engineering Journal*. 125:65-72

- Seggiani, M, Puccini, M, Pierini, M, Giovando, S, Forneris, C. 2009. Effect of different extraction and precipitation methods on yield and quality of pectin. *International Journal of Food Science & Technology*. 44(3):574-580
- Sriamornsak, P. 2003. Chemistry of pectin and its pharmaceutical users: a review. *Silpakorn University International Journal*. 3:206-228
- Stombaugh, S, K, Jung, H, G, Orf, J, H, Somers, D, A. 2000. Genotypic and environmental variation in soybean seed cell wall polysaccharides. *Crop Science*. 40(2):408-412
- Sulihono, A, Tarihoran, B, Agustina, T, E. 2012. Pengaruh waktu, temperatur, dan jenis pelarut terhadap ekstraksi pektin dari kulit jeruk bali (*Citrus maxima*). *Jurnal Teknik Kimia*. 18(4):1-8
- Wai, W, W, Alkarkhi, A, F, Easa, A. M. 2010. Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: an experimental design. *Food and Bioproducts Processing*. 88(2):209-214
- Wang, M, Huang, B, Fan, C, Zhao, K, Hu, H, Xu, X, Pan, S, Liu, F. 2016. Characterization and functional properties of mango peel pectin extracted by ultrasound assisted citric acid. *International Journal of Biological Macromolecules*. 91:794-803
- Wang, W, Chen, W, Zou, M, Lv, R, Wang, D, Hou, F, Feng, H, Ma, X, Zhong, J, Ding, T, Ye, X, Liu, D. 2018. Applications of power ultrasound in oriented modification and degradation of pectin: A review. *Journal of Food Engineering*. 234:234:98-107
- Yeoh, S, Shi, J, T, Langrish, T, A, G. 2008. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination*. 218:229-237
- Yujaroen, P, Supjaroenkul, U, Rungrodnimitchai. 2008. Extraction of pectin from sugar palm meat. *Thammasat Int. J. Sc. Tech*. 13:44-47