OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI ASAM FERULAT SECARA ALKALI DARI SERAT MESOKARP SAWIT MENGGUNAKAN METODE PERMUKAAN RESPON

Optimization of Ferulic Acid Alkaline Extraction Process from Palm Mesocarp Fiber using Response Surface Methodology

Sukma Budi Ariyani, Mohamad Rusdi Hidayat*, Haqqifizta Ratihwulan, Agus Sri Mulyono

Balai Riset dan Standardisasi Industri Pontianak-Kementerian Perindustrian,

Jln. Budi Utomo No. 41 Pontianak 78243, Indonesia

*e-mail: mr-hidayat@kemenperin.go.id

Abstract: As the palm oil industry in Indonesia increases, so does the amount of waste generated. Palm mesocarp fiber is one of the solid wastes produced by the crude palm oil industry which has high lignin content. One of the phenolic compounds bound with lignin is ferulic acid. Ferulic acid is a fine chemical that widely used in various industries such as pharmaceuticals, cosmetics, and foods. This study aims to determine the effect of NaOH concentration (X_1), immersion time in NaOH (X_2), and sterilization time in the autoclave (X_3) on ferulic acid content obtained in the alkali extraction process from palm mesocarp fibers using the surface response methodology (RSM). The regression equation obtained is: $Y = 38.87 - 28.8(X_1) - 1.69(X_2) - 1.741(X_3) + 0.385(X_2^2) - 0.20(X_1X_2) + 2.078(X_1X_3) + 0.0276(X_2X_3)$. The optimal condition prediction results obtained were the autoclaving time at 30 minutes, 1 M NaOH concentration, and 9 hours soaking time result in 41.84 mg/L of ferulic acid. Validation results from the optimal conditions produced 46.45 mg/L of ferulic acid.

Keywords: Alkaline extraction, ferulic acid, palm mesocarp fiber, RSM

Abstrak: Seiring dengan meningkatnya industri minyak sawit di Indonesia, meningkat pula jumlah limbah yang dihasilkan. Serat mesokarp sawit merupakan salah satu limbah padat berlignin tinggi yang dihasilkan oleh industri ini. Salah satu senyawa fenolik yang terikat dengan lignin adalah asam ferulat. Asam ferulat bernilai tinggi karena banyak digunakan di berbagai industri seperti farmasi, kosmetik, hingga makanan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH (X_1), waktu perendaman di dalam NaOH (X_2) dan waktu saat autoklaf (X_3) terhadap respon berupa kadar asam ferulat yang diperoleh pada proses ekstraksi alkali dari serat mesokarp sawit menggunakan metode permukaan respon (RSM). Persamaan model regresi yang diperoleh adalah: $Y = 38,87 - 28,8(X_1) - 1,69(X_2) - 1,741(X_3) + 0,385(X_2^2) - 0,20(X_1X_2) + 2,078(X_1X_3) + 0,0276(X_2X_3)$. Hasil prediksi kondisi optimal yang diperoleh adalah pada variabel waktu autoklaf 30 menit, konsentrasi NaOH 1 M dan waktu perendaman 9 jam dengan menghasilkan respon asam ferulat sebesar 41,84 mg/L. Berdasarkan hasil validasi, pada kondisi optimal tersebut menghasilkan asam ferulat sebesar 46,45 mg/L.

Kata kunci: Asam ferulat, ekstraksi alkali, serat mesokarp sawit, RSM

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan total produksi sebesar 42,04 juta ton pada tahun 2017. Produksi minyak sawit (CPO) dari tahun 2014 sampai dengan 2018 selalu mengalami peningkatan dengan kisaran antara 1,35 sampai dengan 10,96%. Pada tahun 2014 produksi minyak sawit (CPO) sebesar 29,28 juta ton, meningkat menjadi 34,94 juta ton pada tahun 2017 atau terjadi peningkatan sebesar 19,34%. Sementara tahun 2018 diperkirakan produksi minyak sawit (CPO) akan meningkat menjadi

36,59 juta ton atau sebesar 4,74% (Badan Pusat Statistik, 2018). Sebanyak 60% dari produksi CPO Indonesia diekspor dan sisanya untuk konsumsi dalam negeri (Indonesia Eximbank, 2018).

Peningkatan produksi CPO tersebut tentu akan meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan pada proses produksi. Limbah kelapa sawit adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit baik berupa

limbah padat maupun limbah cair (Silalahi & Suprijatno, 2017). Berdasarkan persentase berat limbah, pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah padat berupa: tandan kosong (22%) dari porsi tandan buah segar (TBS), serat mesokarp (13%), cangkang (4,5%), abu (0,01%), dan limbah cair (*palm oil mill effluent*, POME) sekitar 0,62-0,77 m³/ton TBS (Santoso, 2018).

Mesokarp merupakan daging buah yang berserabut. Serat mesokarp sawit (Gambar 1) yang disebut sabut atau serabut sawit (*mesocarp fiber*) adalah serat yang terdapat pada daging buah kelapa sawit yang merupakan bahan alam berbentuk serabut panjang antara 3-4 cm. Pemanfaatan dari serat mesokarp kelapa sawit dapat berguna untuk papan pengisi tripleks, kayu lapis, meja datar, plat serat, dan sebagainya (Haryanti *et al.*, 2014, Rahmasita *et al.*, 2017, dan Rahardja, 2017). Susilo (2017) menyebutkan bahwa serat mesokarp sawit mengandung senyawa selulosa sebesar 41,92%; lignin 21,71%; dan hemiselulosa 11,36.

Gambar 1. Serat mesokarp sawit

Lignin adalah salah satu komponen penyusun tanaman yang bersama dengan selulosa dan bahan-bahan serat lainnya membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak. Berbeda dengan selulosa yang terutama terbentuk dari gugus karbohidrat, lignin terbentuk

dan gugus aromatik yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon. Pada proses pirolisis lignin, dihasilkan senyawa kimia aromatis yang berupa fenol (Hadrawi, 2014). Lignin merupakan polimer berkadar fenolik tinggi, berwarna kecoklatan, dan relatif mudah teroksidasi.

Asam ferulat merupakan salah satu jenis asam fenolat yang terkandung dalam tanaman yang berasal dari metabolisme fenilalanin dan tirosin. Asam ferulat banyak ditemukan pada biji dan daun dalam bentuk bebas dan terikat dengan lignin dan biopolimer lainnya (Listyo *et al.*, 2018).

Asam ferulat adalah antioksidan fenolik yang terdapat dalam tanaman, yang banyak digunakan dalam industri makanan dan kosmetik (Tilay *et al.*, 2008). Selain itu juga senyawa turunan asam ferulat pun memiliki aktivitas biologi sebagai antivirus dan insektisida (Sultan & Soekamto, 2017).

Asam ferulat teresterifikasi telah berhasil diekstrak dari berbagai limbah pertanian seperti dedak jagung, dedak padi, dedak gandum, jerami gandum, gula tebu, kulit nanas, kulit jeruk, dan kulit buah delima (Tilay *et al.*, 2008). Pada penelitian ini digunakan limbah serat mesokarp sawit sebagai substrat untuk proses ekstraksi asam ferulat secara alkali hingga diperoleh kondisi optimum menggunakan metode permukaan respon.

Metode permukaan respon (*response surface methodology*) merupakan suatu strategi percobaan yang berguna jika respon dipengaruhi beberapa faktor dan tujuan percobaan adalah untuk mencari respon optimum (Trihaditia, 2015). Ratnawati *et al.* (2018) juga menyebutkan metode ini merupakan metode statistika yang menganalisis pengaruh variabel bebas terhadap variabel respon dengan tujuan mengoptimalkan respon. Keunggulan metode RSM ini tidak memerlukan data-data percobaan dalam jumlah yang besar dan tidak membutuhkan waktu lama (Nurmiah *et al.*, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi asam ferulat secara alkali dari limbah serat mesokarp sawit dan mengetahui pengaruh *pretreatment* fisika (waktu autoklaf), konsentrasi NaOH, dan suhu perendaman terhadap kadar asam ferulat yang diekstraksi dari serat mesokarp sawit menggunakan metode permukaan respon (RSM). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memperoleh kondisi proses yang optimal pada proses ekstraksi asam ferulat dari limbah serat mesokarp sawit berdasarkan RSM.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah serat mesokarp sawit, NaOH, HCl dan akuades. Sedangkan alat utama yang digunakan adalah sentrifuse Sorvall™ Legend™ Micro 17 (Thermo Scientific™) dan HPLC Perkin Elmer Series 200 Autosampler.

Penepungan serat mesokarp sawit

Serat mesokarp sawit yang diperoleh dari pabrik terlebih dahulu dicuci dan dibersihkan dengan air bersih untuk menghilangkan tanah dan bahan pencemar lainnya. Serat yang telah bersih selanjutnya dikeringkan pada suhu 60 °C selama 2 hari. Selanjutnya serat dihaluskan dengan mesin penepung dan diayak dengan saringan 40 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Tepung serat mesokarp yang diperoleh digunakan sebagai substrat untuk ekstraksi asam ferulat.

Ekstraksi asam ferulat menggunakan metode alkali

Variabel berubah yang digunakan adalah waktu autoklaf bahan, konsentrasi alkali (NaOH) dan lama waktu perendaman dalam larutan NaOH. Ekstraksi asam ferulat dengan metode alkali yang digunakan pada penelitian ini merupakan modifikasi metode dari Aanifah *et al.* (2014). Perbedaannya terdapat pada bahan utama yang digunakan tetapi variabel berubah yang digunakan sama. Pada penelitian Aanifah

et al. (2014) bahan utama yang digunakan adalah serat tandan kosong kelapa sawit sedangkan pada penelitian ini menggunakan bahan utama serat mesokarp sawit.

Pada metode ini, tepung serat mesokarp sawit di autoklaf 121 °C pada 1 atm, dengan waktu sesuai variabel. Sebanyak 10% (b/v) serat mesokarp sawit selanjutnya direndam dalam larutan NaOH dengan konsentrasi sesuai variabel sambil dipanaskan pada suhu 90 °C menggunakan *magnetic stirrer* dengan waktu sesuai variabel.

Hidrolisat yang diperoleh kemudian diubah pHnya menjadi 2 dengan HCl dan disentrifuse pada 12.000 rpm selama 10 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian diukur kadar asam ferulatnya dengan HPLC.

Analisis HPLC

Preparasi sampel untuk pengukuran menggunakan HPLC dilakukan dengan cara disentrifugasi pada 12.000 rpm selama 10 menit. Pengukuran kadar asam ferulat merupakan modifikasi metode yang dilakukan oleh Muchuweti *et al.* (2005). Proses pemisahan dilakukan menggunakan HPLC Perkin Elmer *with autosampler* dengan kolom C18, dan UV *detector* pada 280 nm. Fase gerak air:metanol (75:25) dengan laju alir 1 mL/min. Kuantifikasi berbagai senyawa tersebut dilakukan dengan menggunakan standar eksternal.

Analisis Data Menggunakan RSM

Penentuan kondisi proses terbaik ekstraksi asam ferulat dari serat mesokarp sawit menggunakan *Central Composite Design* (CCD). Penelitian dilakukan menggunakan tiga faktor yaitu konsentrasi NaOH (X_1), waktu perendaman di dalam NaOH (X_2) dan waktu saat autoklaf (X_3). Rentang konsentrasi NaOH yang digunakan adalah 0,5-1 M, waktu perendaman di dalam NaOH adalah 0-9 jam dan waktu autoklaf 0-30 menit. Penentuan rentang variabel bebas diperoleh dari kajian penelitian sebelumnya dan *trial error*. Nilai batas minimum dan maksimum tersebut

dimasukkan ke dalam program untuk dilakukan pengacakan kombinasi sehingga didapatkan rancangan formula yang akan dianalisis sebanyak 22 formula percobaan (Tabel 1). Respon yang dianalisis pada penelitian ini adalah jumlah asam ferulat (Y). Pengolahan data ini menggunakan *software* Minitab 19. Optimasi dengan metode RSM

memberikan keuntungan yakni dapat menghemat biaya dan waktu karena banyaknya percobaan yang dilakukan berdasarkan rancangan percobaan yang keluar pada program yakni pada penelitian ini sebanyak 22 formula percobaan.

Tabel 1. Rancangan Percobaan CCD untuk ekstraksi asam ferulat

Run	Faktor			Asam Ferulat (mg/L) (Y)
	NaOH (M)	Waktu Perendaman (Jam)	Waktu Autoklaf (Menit)	
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	
1	1	9	30	46,393
2	0,5	9	30	21,882
3	0,5	0	0	19,702
4	1	0	30	10,802
5	0,5	9	0	46,799
6	1	9	0	17,867
7	0,5	0	30	8,266
8	1	6	15	13,223
9	1	3	15	18,791
10	0,5	6	15	13,949
11	1	0	0	13,631
12	0,5	9	30	22,746
13	1	9	0	19,093
14	0,5	0	30	10,539
15	1	0	0	13,408
16	0,5	6	15	15,795
17	0,5	0	0	20,387
18	0,5	9	0	45,868
19	1	9	30	46,562
20	1	6	15	24,600
21	1	0	30	15,629
22	1	3	15	21,388

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan proses ekstraksi asam ferulat dari berbagai sumber biomassa pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin dipengaruhi oleh perlakuan konsentrasi alkali, suhu, dan waktu pemanasan (Tilay *et al.*, 2008 dan Aarabi *et al.*, 2016). Aanifah *et al.* (2014) membandingkan beberapa desain ekstraksi asam ferulat pada serat tandan

kosong kelapa sawit (TKKS) dengan mempertimbangkan perlakuan autoklaf sebagai proses termal. Perlakuan autoklaf pre-ekstraksi serat TKKS terindikasi dapat mempengaruhi pelepasan asam ferulat karena degradasi asam ferulat akibat suhu panas 121 °C dan tekanan pada autoklaf.

Hasil analisis koefisien dan nilai P dengan *software* Minitab 19 menunjukkan bahwa yang berpengaruh signifikan terhadap ekstraksi asam ferulat adalah variabel waktu perendaman di dalam NaOH dan interaksi antara variabel konsentrasi NaOH dan waktu autoklaf karena memiliki nilai $P < 0,05$ yakni 0,000 dan 0,000 (Tabel 2). Sedangkan untuk variabel dan interaksi antar variabel lainnya tidak berpengaruh signifikan karena memiliki nilai $P > 0,05$. Waktu perendaman di dalam NaOH berpengaruh signifikan dalam proses ekstraksi ini. Hal ini diduga disebabkan karena adanya peningkatan reaksi antara komponen

yang diekstrak dengan NaOH yang digunakan sehingga dapat melepaskan asam ferulat lebih banyak (Aarabi *et al.*, 2016). Selain itu, NaOH merupakan jenis basa yang digunakan sebagai katalis dalam hidrolisis. Sifat NaOH sebagai basa mampu melarutkan lignin dengan memotong rantai ester pada kompleks lignin-polisakarida yang menyebabkan pelepasan dan larutnya komponen fenolik. Kelebihan sifat NaOH dibandingkan jenis basa lain adalah memiliki kemampuan selektif dalam melepaskan komponen fenolik termasuk FA (Aarabi *et al.*, 2016).

Tabel 2. Koefisien dan Nilai P Variabel Bebas

Kondisi	Koefisien	Nilai T	Nilai P
Constant	15,92	4,97	0,000
NaOH	0,37	0,25	0,808
Waktu Perendaman	9,18	5,43	0,000
Waktu Autoklaf	-0,87	-0,51	0,621
Waktu Perendaman*Waktu Perendaman	7,80	2,07	0,057
NaOH*Waktu Perendaman	-0,23	-0,13	0,896
NaOH*Waktu Autoklaf	7,79	4,53	0,000
Waktu Perendaman*Waktu Autoklaf	1,87	1,08	0,297

Gambar 2. Diagram Pareto pengaruh konsentrasi NaOH, waktu perendaman dalam NaOH dan waktu autoklaf terhadap kadar asam ferulat

Melalui Diagram Pareto dapat diketahui berbagai variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap kadar asam ferulat (Gambar 2). *Base line*

pada diagram menunjukkan posisi $\alpha = 0,05$ (Hasibuan, 2017). Variabel yang berada di sebelah kiri *base line* menunjukkan bahwa variabel tersebut

tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar asam ferulat yang diperoleh. Berdasarkan analisis ragam, pada model di atas menghasilkan nilai P sebesar 0,001 artinya nilai P yang diperoleh lebih kecil dari taraf signifikansi yang digunakan yaitu sebesar $\alpha = 0.05$ (Tabel 3). Nilai $P < 0,05$ artinya bahwa variabel bebas memberikan pengaruh

signifikan terhadap variabel respon (Deswati *et al.*, 2015), sehingga model tersebut dapat diterima. Persamaan model regresi yang diperoleh adalah:

$$Y = 38,87 - 28,8(X_1) - 1,69(X_2) - 1,741(X_3) + 0,385(X_2^2) - 0,20(X_1X_2) + 2,078(X_1X_3) + 0,0276(X_2X_3)$$

Tabel 3. Analisa Ragam Asam Ferulat Hasil Ekstraksi

Sumber	DF	Adj SS	Adj MS	Nilai F	Nilai P
Model	7	2580,98	368,71	7,79	0,001
Linier	3	1408,19	469,40	9,91	0,001
NaOH	1	2,92	2,92	0,06	0,808
Waktu Perendaman	1	1396,05	1396,05	29,48	0,000
Waktu Autoklaf	1	12,14	12,14	0,26	0,621
Square	1	203,51	203,51	4,30	0,057
Waktu Perendaman*Waktu Perendaman	1	203,51	203,51	4,30	0,057
Interaksi Dua Arah	3	1028,54	342,85	7,24	0,004
NaOH*Waktu Perendaman	1	0,84	0,84	0,02	0,896
NaOH*Waktu Autoklaf	1	972,02	972,02	20,52	0,000
Waktu Perendaman*Waktu Autoklaf	1	55,68	55,68	1,18	0,297
Error	14	663,06	192,40		
Lack-of-Fit	3	577,20	7,81	24,65	0,000
Pure Error	11	85,86			
Total	21	3244,03			

Gambar 3. Grafik Main Effects Plot kadar asam ferulat

Grafik *main effect plot* faktor terhadap kadar asam ferulat yang memperlihatkan pengaruh masing-masing diperoleh (Gambar 3). Kadar asam ferulat

terendah pada masing-masing grafik diperoleh pada konsentrasi NaOH yang digunakan 0,5 M, waktu perendaman 2,5 jam dan waktu autoklaf 30 menit. Sedangkan kadar asam ferulat tertinggi pada masing-masing grafik diperoleh pada konsentrasi NaOH 1 M, waktu perendaman 9 jam dan waktu autoklaf 0 menit. Penelitian ini mencoba menentukan tiga faktor yang berpengaruh dalam proses ekstraksi asam ferulat, maka terdapat 3 grafik permukaan respon dan kontur plot untuk menjelaskan pengaruh interaksi antar variabel. Berbagai interaksi antar faktor tersebut dijelaskan di bawah ini.

Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Perendaman terhadap Kadar Asam Ferulat

Hubungan antara konsentrasi NaOH dan waktu perendaman terhadap kadar asam ferulat yang dihasilkan pada *contour plot* dan *surface plot* menunjukkan bahwa semakin lama perendaman maka semakin tinggi respon asam ferulat yang berhasil diekstraksi. Konsentrasi NaOH yang digunakan hanya sedikit berpengaruh terhadap respon, dengan kecenderungan semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan maka semakin kecil respon yang dihasilkan (Gambar 4).

Gambar 4. *Contour plot* dan *surface plot* dari kadar asam ferulat, konsentrasi NaOH dan waktu perendaman

Untuk memperoleh kadar asam ferulat tinggi, diperlukan konsentrasi NaOH (alkali yang digunakan) yang rendah. Hal ini disebabkan karena dengan konsentrasi alkali yang tinggi akan mendegradasi lignin (*delignifikasi*) pada bahan. Sedangkan pelepasan asam ferulat tersebut berasal dari lignin. Oleh karena itu jika lignin dalam bahan semakin kecil maka kadar asam ferulat yang dihasilkan akan semakin kecil pula (Aanifah *et al.*, 2014).

Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Autoklaf terhadap Kadar Asam Ferulat

Hubungan antara konsentrasi NaOH dan waktu autoklaf terhadap respon kadar asam ferulat yang dihasilkan pada *contour plot* dan *surface plot* (Gambar 5) menunjukkan bahwa semakin kecil konsentrasi NaOH yang digunakan dengan waktu autoklaf yang semakin kecil menghasilkan respon kadar asam ferulat yang semakin tinggi. Kadar asam ferulat yang tinggi juga diperoleh bila NaOH yang digunakan 1 M dengan meningkatkan waktu autoklaf menjadi 30 menit.

Gambar 5. *Contour plot* dan *surface plot* dari kadar asam ferulat, konsentrasi NaOH dan waktu autoklaf

Perlakuan autoklaf diduga mampu mendukung ekstraksi asam ferulat karena proses termal membantu menghancurkan dinding sel (Aanifah *et al.*, 2014). Tetapi menurut Nasruddin, 2012 bahwa semakin lama proses sterilisasi (autoklaf), kandungan lignin dalam suatu bahan menjadi semakin berkurang. Dengan berkurangnya lignin maka pelepasan asam ferulat menjadi berkurang. Hal tersebut yang mengakibatkan kadar asam ferulat yang diperoleh semakin kecil seiring dengan semakin lama waktu autoklaf.

Pengaruh Waktu Perendaman dan Waktu Autoclave terhadap Kadar Asam Ferulat

Hubungan antara waktu perendaman di dalam NaOH dan waktu autoklaf terhadap respon kadar asam ferulat yang dihasilkan pada *contour plot* dan *surface plot* (Gambar 6) menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman dan waktu autoklaf yang semakin sebentar menghasilkan respon kadar asam ferulat yang semakin tinggi. Kadar asam ferulat tertinggi diperoleh pada daerah dengan warna hijau sangat tua pada titik waktu perendaman 9 jam dan waktu autoklaf 30 menit.

Gambar 6. *Contour plot* dan *surface plot* dari kadar asam ferulat, waktu perendaman dan waktu autoklaf

Kondisi Optimal Menggunakan RSM

Software Minitab 19 dapat menentukan kombinasi level-level variabel proses yang dapat menghasilkan respon yang optimal. Penentuan kombinasi level-level ini diperoleh proporsi setiap variabel X_1 , X_2 dan X_3

yang akan menghasilkan respon Y yang paling optimal. Gambar 7 menjelaskan proporsi untuk setiap variabel bebas yang akan menghasilkan variabel respon yang paling besar. Kondisi optimal diperoleh pada konsentrasi NaOH (X_1) 1 M, waktu perendaman (X_2) 9 jam dan waktu

autoklaf (X_3) 30 menit yang menghasilkan mg/L.
jumlah asam ferulat (Y) sebesar 41,84

Gambar 7. Grafik optimum RSM pada ekstraksi asam ferulat dari serat mesokarp sawit

Dibandingkan dengan penelitian lainnya, proses ekstraksi dari serat TKKS menggunakan metode alkali (NaOH) memperoleh kadar asam ferulat sebesar $62,52 \pm 6,24$ mg/L (Aanifah *et al.*, 2014). Sedangkan hasil penelitian Salleh *et al.* (2011) menyebutkan proses ekstraksi alkali (NaOH) dari jerami padi dengan metode RSM dapat menghasilkan asam ferulat 5,18 mg/g.

Validasi Proses

Validasi proses adalah percobaan tambahan yang dilakukan untuk mengetahui ketepatan prediksi yang diperoleh dari proses optimasi (Wahyono *et al.*, 2018). Validasi dilakukan untuk menguji kebenaran data prediksi yang dihasilkan, maka dilakukan percobaan proses ekstraksi asam ferulat dari limbah serat mesokarp sawit dengan kondisi proses optimal sesuai prediksi yakni konsentrasi NaOH 1 M, waktu perendaman 9 jam dan waktu autoklaf 30 menit.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Prediksi dengan Nilai Aktual Jumlah Asam Ferulat yang Diperoleh

Konsentrasi NaOH	Waktu Perendaman	Waktu Autoklaf	Nilai Respon (mg/L)		Akurasi (%)
			Prediksi	Aktual	
1 M	9 jam	30 menit	41,84	46,45	90,08

Percobaan validasi dengan kondisi operasi optimal sesuai prediksi menghasilkan asam ferulat sebesar 46,45 mg/L (Tabel 4). Persentase akurasi model untuk memprediksi nilai asam ferulat yakni sebesar 90,08%. Adapun selisih nilai hasil pemodelan dengan validasi dapat terjadi karena terdapat faktor lain di luar faktor yang digunakan yang mempengaruhi respon (Rucitra, 2014).

SIMPULAN

Dengan menggunakan metode permukaan respon (RSM) dapat ditentukan kondisi optimum proses ekstraksi asam ferulat dari limbah serat mesokarp sawit yakni pada konsentrasi NaOH 1 M, waktu perendaman 9 jam dan waktu autoklaf 30 menit. Prediksi jumlah asam ferulat yang terbentuk adalah 41,84 mg/L. Hasil validasi dengan percobaan pada kondisi optimum yang diprediksi, asam ferulat yang terbentuk sebesar

46,45 mg/L. Hal ini menunjukkan metode penentuan kondisi optimal dengan metode RSM ini memiliki nilai akurasi sebesar 90,08%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aanifah, F.J.M., Yee, P.L., Wasoh, H. and Abd-Aziz, S. 2014 Effect of Different Alkaline Treatment on the Release of Ferulic Acid from Oil Palm Empty Fruit Bunch Fibres. *J. Oil Palm Res.* 26(4). pp.321-331.
2. Aarabi, A., Honarvar, M., Mizani, M., Faghihian, H. and Gerami, A. 2016. Extraction and Purification of Ferulic Acid as an Antioxidant from Sugar Beet Pulp by Alkaline Hydrolysis. *Italian Journal of Food Science*: 28, 362-375.
3. Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Katalog: 5504003.
4. Deswati, H. S., Izzati, R., dan Hilfi, P. 2015. Optimasi Penentuan Kadmium dalam Air Laut secara Voltametri Stripping Adsorptif dengan Metode Permukaan Respon (RSM). *Prosiding SEMIRATA 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Universitas Tanjungpura*, Pontianak: 258-267.
5. Hadrawi, J. 2014. Kandungan Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa Limbah Baglog Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan Masa Inkubasi yang Berbeda sebagai Bahan Pakan Ternak. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
6. Haryanti, A., Norsamsi, N., Sholiha, P.S.F. and Putri, N.P. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*. Vol. 3(2): 20-29.
7. Hasibuan, I. M. 2017. Optimasi Sterilisasi Buah Kelapa Sawit dengan Energi Gelombang Mikro: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Generasi Panas. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
8. Indonesia Eximbank. 2018. *Analisa Rantai Pasok (Supply Chain) Komoditas Unggulan Ekspor Indonesia: Minyak Sawit*.
9. Listyo, A.B., Kusri, D. and Fachriah, E. 2018. Isolasi Asam Ferulat dari Daun Mida (*Melia azedarach* L.) dan Uji Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. Vol. 3 (1): 30-37.
10. Muchuweti, M., Zenda, G., Ndhlala, A.R. and Kasiyamhuru, A. 2005. Sugars, Organic Acid and Phenolic Compounds of *Ziziphus mauritiana* fruit. *Eur. Food Res. Technol.* 221: 570-574.
11. Nasruddin. 2012. Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dilanjutkan dengan Hidrolisis Bertahap untuk Menghasilkan Glukosa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. Vol. 23(1): 1-11.
12. Nurmiah, S., Syarif, R., Sukarno, Peranginangin, R., dan Nurtama, B. 2013. Application of Response Surface Methodology in the Optimization of Process Conditions of Alkali Treated Cottoni (ATC) Processing. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi* 8(1): 9-22.
13. Rahardja, I. B. 2017. Perpindahan Panas Fiber Roof Building Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Citra Widya Edukasi* Vol.IX (3): 229-238.
14. Rahmasita, M.E., Farid, M. and Ardhyanta, H. 2017. Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknis ITS* 6(2): A584-A588.
15. Ratnawati, S.E., Ekantari, N., Pradipta, R.W. and Paramita, B.L. 2018. Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) pada Optimasi Ekstraksi Kalsium Tulang Lele. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada* Vol.20: 41-48.
16. Rucitra, R. 2014. Aplikasi Response Surface Method untuk Optimasi Proses Produksi Biodiesel Jarak Pagar Melalui Transesterifikasi *In Situ*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
17. Salleh, N.H.M., Daud, M.Z.M., Arbain, D., Ahmad, M.S. and Ismail, K.S.K. 2011. Optimization of Alkaline Hydrolysis of Paddy Straw for Ferulic Acid Extraction. *Industrial Crops and Products*. 34: 1635–1640
18. Santoso, A. D. 2018. Evaluasi Kinerja Pabrik Kelapa Sawit dalam Produksi Energi Terbarukan. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 19(2): 213-220.
19. Silalahi, M. B. dan Supijatno. 2017. Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Angsana Estate Kalimantan Selatan. *Bul. Agrohorti* 5(3): 373-383.
20. Sultan, F dan Soekanto, N.H. 2017. Sintesis Senyawa Fenetil 4-O-asetilferulat dari Asam 4-O-asetilferulat Melalui Reaksi

- Klorinasi dan Esterifikasi. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas MIPA. Universitas Hasanudin. Makassar.
21. Susilo, Y. D. 2017. Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin Serat Sawit Hasil Fermentasi Jamur Pelapuk. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanudin Makassar.
  22. Tilay, A., Bule, M., Kishenkumar, J. and Annapure, U. 2008. Preparation of Ferulic Acid from Agricultural Wastes: Its Improved Extraction and Purification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 7644-7648.
  23. Trihaditia, R. 2015. Penentuan Formulasi Optimum pada Pembuatan Minuman Fungsional Rambut Jagung dengan Penambahan Madu dan Jeruk Nipis Menggunakan Metode RSM (*Response Surface Method*). Tesis. Fakultas Teknologi Pangan Universitas Pasundan. Bandung.
  24. Wahyono, A., Kurniawati, E., Kasudjaningati, Park, K.H. dan Kang, W.W. 2018. Optimasi Proses Pembuatan Tepung Labu Kuning Menggunakan *Response Surface Methodology* untuk Meningkatkan Aktivitas Antioksidannya. *J. Teknol. dan Industri Pangan* 29(1): 29-38.