

## Teknik Separasi dan Optimasi Proses Ekstrusi Bungkil Inti Sawit sebagai Bahan Baku Pakan

Optimization of The Separation Method and Extrusion Process of Palm Kernel Cake as Feed Raw Materials

L R Foni, H A Sukria\*, Y Retnani, S T Risyahadi

Corresponding email:  
Hsukria@apps.ipb.ac.id

Departemen Ilmu Nutrisi dan  
Teknologi Pakan, Fakultas  
Peternakan, IPB University, Jalan  
Agathis, Kampus IPB Dramaga,  
Bogor, Indonesia

Submitted: June 6, 2023

Accepted: August 09, 2023

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate separation method to reduce the shells of palm kernel cake (PKC) and to optimize the extrusion process to increase the nutrient utilization. The sieving process was a method of separating two materials that had different sizes, both solid and liquid materials. The extrusion process variables used in this study were extrusion temperature and moisture content of PKC as optimization variables in the response surface methodology (RSM). The RSM design was central composite design (CCD) with 13 treatments and analysed with Design Expert version 13. PKC was separated from its shell by filtering it at a size of  $\leq 0.600$  mm and continued the extrusion process for 13 treatments using temperatures starting from 72 to 128 °C and moisture content starting from 22 to 78%. The main variable response was crude protein (CP), crude fibre (CF), and ether extract (EE). Based on statistical analysis, it was found that temperature and moisture content had a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the mathematical model of the relationship between the independent variables (temperature and moisture content) and the best CP, CF and EE responses. PKC extrudate had a bulk density value of 420 kg m<sup>-3</sup> and a total solubility of 24.11%. The conclusion of this study was that the optimal extrusion treatment at BIS was using 91 °C and 42% moisture content to produce the best chemical and physical qualities.

**Key words:** extrusion, nutritional component, palm kernel cake, physical characteristic, response surface methodology

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode pemisahan untuk mengurangi cangkang dan mengoptimalkan suhu proses ekstrusi untuk meningkatkan pemanfaatan nutrisi bungkil inti sawit (BIS). Pengayakan merupakan metode pemisahan dua bahan yang memiliki ukuran yang berbeda baik bahan padat maupun cair. Variabel proses ekstrusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu ekstrusi dan kadar air BIS sebagai variabel optimasi pada *Response Surface Methodology* (RSM). Rancangan yang digunakan yaitu *Central Composite Design* (CCD) dengan 13 perlakuan dan dianalisis dengan Design Expert versi 13. BIS dipisahkan dengan cangkangnya dengan cara disaring pada ukuran  $\leq 0,600$  mm. Kemudian dilanjutkan proses ekstrusi menggunakan suhu berkisar antara 72-128 °C dan kadar air berkisar antara 22%-78%. Variabel utama respon adalah protein kasar (PK), serat kasar (SK) dan lemak kasar (LK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan kadar air berpengaruh signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap model matematis hubungan antara variabel bebas (suhu dan kadar air) dan respon PK, SK dan LK yang terbaik. Ekstrudat BIS menghasilkan kerapatan tumpukan 420 kg m<sup>-3</sup> dan kelarutan total 24,11%. Simpulan penelitian ini adalah perlakuan ekstrusi optimal pada BIS yaitu pada penggunaan 91 °C dan kadar air 42% untuk menghasilkan kualitas kimia dan fisik terbaik.

**Kata kunci:** bungkil inti sawit, ekstrusi, karakteristik fisik, komponen nutrisi, metode permukaan respon

## PENDAHULUAN

Bungkil inti sawit (BIS) merupakan salah satu hasil samping dari ekstraksi minyak kelapa sawit yang mana ketersediaannya dalam jumlah yang cukup banyak. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2022) produksi kelapa sawit mencapai 48.235.405 ton dari luas areal mencapai 15.380.981 ha. Setiap tandan buah segar setelah diolah menghasilkan 3,5% BIS (Puastuti *et al.* 2014). BIS berpotensi sebagai pakan ternak karena kandungan nutrisinya berupa protein kasar 14%-19,6%, lemak kasar 3%-9%, serat kasar 12%-20% dan beberapa kandungan mineral dapat digunakan sebagai pengganti sebagian kedelai dan jagung pada pakan unggas (Mairizal *et al.* 2019; Azizi *et al.* 2021). Selain itu, BIS juga mengandung NSP (*non-starch polysaccharide*) yang bersifat antinutrisi dan berdampak pada saluran pencernaan unggas sehingga menghambat pencernaan dan penyerapan nutrisi.

Bungkil inti sawit memiliki kelemahan yaitu adanya cangkang yang masih melekat dengan bungkil inti sawit yang mengakibatkan kandungan serat kasar yang tinggi yang dapat merusak vili usus unggas, sehingga diperlukan pengolahan. Beberapa upaya dapat dilakukan berupa perlakuan kimia, biologi dan fisik untuk meningkatkan nilai nutrient BIS. Perlakuan kimia dapat berpotensi meninggalkan residu pada ternak, sedangkan perlakuan biologi membutuhkan kandungan air pada substrat mencapai 50%-60% agar memperoleh hasil yang optimal, membutuhkan biaya yang tinggi untuk proses pengeringan apabila diterapkan dalam skala besar, proses ini memakan waktu dan dapat berakibat pada kontaminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan (Roslan *et al.* 2017; Faridah *et al.* 2020). Oleh karena itu diperlukan suatu perlakuan untuk mengatasi masalah tersebut. Perlakuan fisik pengayakan (*separation*) dan ekstrusi *hydrothermal* memiliki keunggulan yaitu proses produksi dan waktu pengeringan yang cepat sehingga meminimalisir kontaminasi bakteri.

Proses pengayakan merupakan metode pemisahan dua bahan yang memiliki ukuran yang berbeda baik bahan padat maupun cair. Pengayakan BIS bertujuan untuk memisahkan BIS yang tercampur dengan batok atau cangkang sawit serta benda yang tidak diinginkan menghasilkan ukuran partikel yang kecil dan seragam sehingga dapat meningkatkan pencernaan dan penyerapan pakan. Bungkil inti sawit hasil pengayakan diharapkan dapat menurunkan kadar serat kasar dan meningkatkan kandungan protein kasar untuk penggunaan dalam ransum unggas. Selain pengayakan, proses ekstrusi dinilai mampu meningkatkan nilai nutrisi pakan unggas sekaligus menurunkan kandungan antinutrisi yang terkandung dalam substrat yaitu NSP (Roslan *et al.* 2017; Faridah *et al.* 2020). Ekstrusi merupakan suatu teknologi proses *hydrothermal* yang menggunakan temperatur tinggi dalam waktu yang singkat, tekanan dan gesekan (Colovic *et al.* 2016) serta mampu meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan dan

efisiensi pakan (Ahmed *et al.* 2014; Rahman *et al.* 2015). Namun perlakuan dengan menggunakan panas dan tekanan perlu hati-hati agar menghindari kerusakan nutrisi penting yang terkandung didalamnya (Mirgheleni *et al.* 2013).

Berdasarkan kajian tersebut pengaruh ekstrusi BIS masih belum banyak dilakukan mengenai pengaruh suhu ekstrusi dan kadar air bahan terhadap komponen nutrisi BIS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi variabel proses (suhu dan kadar air) ekstrusi yang optimal terhadap kandungan nutrisi BIS sebagai bahan baku pakan dengan *Response Surface Methodology* (RSM) serta untuk mengetahui suhu dan kadar air optimal proses ekstrusi terhadap kerapatan tumpukan dan kelarutan total BIS.

## METODE

### Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan tunggal yaitu bungkil inti sawit. Alat yang digunakan yaitu mesin ekstruder ulir tunggal merk Zhengzhou Bainte Machinery Equipment LTD – China, dengan diameter *barrel* 80 mm, kapasitas produksi mesin ekstrusi mencapai 300 – 400 kg jam<sup>-1</sup> (Gambar 1), *mixer, shieve shaker* (Retsch GmBh dan Co KG, Jerman), timbangan digital, oven 60°C, bahan dan alat untuk analisis proksimat, kerapatan tumpukan dan kelarutan total.

### Prosedur Penelitian

#### Pembuatan ekstrudat BIS

Bungkil inti sawit sebelum digunakan, diayak menggunakan ukuran ayakan dengan no *mesh* 30 atau 0,600 mm, hasilnya kemudian dicampurkan menggunakan *mixer* dengan kadar air sesuai perlakuan selama ± 10 menit. Sebelumnya, dilakukan optimasi suhu mesin ekstrusi sekitar 2 jam. Setelah itu, BIS dimasukkan dalam mesin ekstrusi sesuai urutan perlakuan. Hasil BIS setelah diekstrusi disebut ekstrudat, yang selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C hingga mencapai berat konstan untuk tujuan analisis.

#### Analisis komposisi nutrisi

Analisis proksimat berupa bahan kering, abu, serat kasar, protein kasar, lemak kasar mengacu pada metode (AOAC, 2005).

#### Kerapatan tumpukan (Khalil, 1999)

Kerapatan tumpukan dihitung dengan cara 100 gr bahan dicurahkan pada gelas ukur 500 ml tanpa dihentakkan.



**Gambar 1** Mesin ekstruder ulir tunggal

Volume yang ditempati oleh sampel dicatat kemudian hitung menggunakan rumus:

$$KT \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Bobot bahan (g)}}{\text{Volume yang ditempati (cm}^{-3}\text{)}}$$

**Kelarutan Total (Araba dan Dale, 1990)**

Diukur dengan cara melarutkan 5 gr (a) sampel kedalam 200 ml aquades dan diaduk selama ± 15 menit hingga homogen. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dan hasilnya dioven 105 °C selama 24 jam kemudian ditimbang (b):

$$\text{Kelarutan Total (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

**Analisis Data**

Analisis data menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) merupakan suatu metode gabungan antara matematika dan statistika untuk membuat dan menganalisis suatu respon *Y* yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas atau faktor *X* guna mengoptimalkan respon tersebut (Arun Kumar et al. 2015). Penelitian ini menggunakan design percobaan yang dirancang dengan pendekatan *Central Composite Design* (CCD) dimana variabel bebas atau perlakuan terdiri dari A = suhu (°C) dan B = kadar air (%), sedangkan variabel respon atau peubah yang diamati terdiri atas serat kasar (SK), protein kasar (PK) dan lemak kasar (LK). Design percobaan bertujuan untuk mendapatkan kombinasi beberapa komponen dengan respon optimum. Data dianalisis menggunakan *Design Expert Software* versi 13.0 (Montgomery 2013). Perlakuan terdiri atas 13 perlakuan yang dihasilkan secara acak, semua parameter proses yang dikodekan seperti -α, +α, -1, 0, +1 menunjukkan level tertinggi, terendah dan tengah (Behera et al. 2018), setiap perlakuan dilakukan pengulangan satu kali secara duplo (Tabel 1) hasil respon disajikan dalam bentuk model matematika dan signifikansi berdasarkan pengujian ANOVA (Yousf et al. 2017), kemudian verifikasi terhadap hasil optimal dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Selanjutnya pengujian kelarutan total dan kerapatan tumpukan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 perlakuan dan 4 ulangan SPSS versi 25 (Steel & Torrie 1993).

Persamaan polinomial orde kedua, yang digunakan untuk memenuhi semua variable yang disarankan oleh program :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon$$

Keterangan : y = nilai respon; β<sub>0</sub> = koefisien konstant; β<sub>i</sub> = koefisien linear; β<sub>ii</sub> = koefisien kuadrat; β<sub>ij</sub> = koefisien interaksi; x<sub>i</sub> & x<sub>j</sub> = pengkodean variabel proses; k = jumlah faktor yang diteliti dan optimasi ε = error

**Tabel 1** Variabel bebas dan level pengkodean menggunakan *Response Surface Method-Central Composite Design*

Variabel bebas	Simbol	Level pengkodean				
		- α	-1	0	+1	+ α
Suhu (°C)	A <sub>1</sub>	72	80	100	120	128
Kadar air (%)	B <sub>2</sub>	22	30	50	70	78

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Responses Surface Method**

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini berupa nilai ANOVA berdasarkan hubungan antara variabel bebas (suhu dan kadar air) terhadap respon kandungan PK, SK, dan LK terbaik (Tabel 2). Pada Tabel 3 menyajikan hasil desain CCD nilai respon BIS berdasarkan hasil laboratorium dan prediksi oleh RSM.

**Pengaruh Ekstrusi terhadap Kandungan Protein Kasar Ekstrudat BIS**

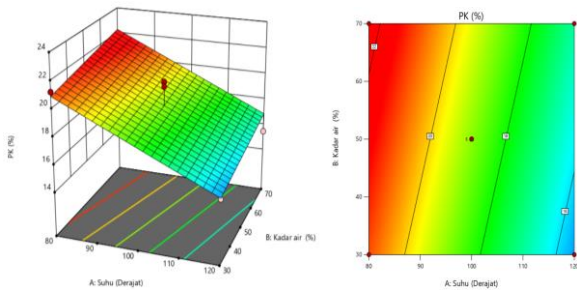
Gambar 3 dimensi (3D) dan plot permukaan digambarkan untuk melihat pengaruh suhu dan kadar air ekstrusi BIS terhadap variabel respon berupa kandungan serat kasar, protein kasar dan lemak kasar untuk memahami tren optimalisasi variabel proses.

Gambar 3D dan plot permukaan untuk kandungan protein kasar (PK) ditunjukkan pada Gambar 2, berdasarkan hasil ANOVA menggunakan RSM model linear direkomendasikan untuk respon PK dengan model yang signifikan p sebesar 0,0003 atau (p<0,05) terlihat pada Tabel 2 nilai ini menunjukkan model yang signifikan dan hanya 0,03% kemungkinan terjadinya gangguan (noise), variabel suhu (0,0001) menunjukkan bahwa variabel ini berpengaruh terhadap kandungan PK sedangkan kadar air (0,1598) tidak berpengaruh

**Tabel 2** Nilai ANOVA untuk optimasi ekstrusi BIS untuk PK, SK dan LK

Respon	Protein kasar (%)	Serat kasar (%)	Lemak kasar (%)
Source	Prob > F		
<b>Model matematika</b>	Linear	Linear	Kuadratik
<b>Signifikansi</b>	0,0003	0,0087	0,0013
A-Suhu	0,0001	0,0033	0,0021
B-Kadar air	0,1598	0,3082	0,0138
AB	-	-	0,6374
A <sup>2</sup>	-	-	0,0017
B <sup>2</sup>	-	-	0,0021
<i>Lack of Fit</i>	0,4791	0,8307	0,6399
<i>R</i> <sup>2</sup>	0,7987	0,6130	0,9148
<i>Adjusted R</i> <sup>2</sup>	0,7585	0,5357	0,8539
<i>Predicted R</i> <sup>2</sup>	0,6713	0,3902	0,7173
<i>Adeq precision</i>	12,7266	7,9786	9,2226
<i>Std. deviasi</i>	1,26	0,54	0,35

Keterangan : Data menunjukkan hasil signifikan (p<0,05)



**Gambar 2** 3D pengaruh suhu dan kadar air terhadap protein kasar dan kontur plot

terhadap kandungan PK. Nilai  $R^2$  sebesar 0,7987 nilai  $R^2$  menggambarkan data yang menunjang model sebanyak 80% dimana faktor yang mempengaruhi kandungan PK yaitu suhu dan kadar air sedangkan 20% sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak terdapat dalam model. Nilai uji ketidaksesuaian (lack of fit) menunjukkan nilai yang tidak signifikan atau menjadi syarat untuk model yang baik karena menunjukkan kesesuaian data respon PK dengan model. Nilai koefisien determinasi *adjusted R<sup>2</sup>* dan *predicted R<sup>2</sup>* berturut-turut 0,79 dan 0,67 memiliki nilai selisih kurang dari 0,2 yang mengartikan bahwa nilai yang *reasonable* atau distribusi data dengan model telah sesuai. Selanjutnya rasio *adequate precision* yang menunjukkan nilai kecukupan presisi/ketetapan yang baik karena memiliki nilai  $>4$  yaitu 12,73. Persamaan model matematik untuk respon protein kasar yaitu  $Y = + 18,93 - 2,71*A + 0,6744*B$  dimana: A : Suhu ( $^{\circ}C$ ), B : kadar air (%) dan (\*) perkalian. Perlakuan ekstrusi pada suhu 78-128  $^{\circ}C$  pada kadar air 22%-78% menghasilkan nilai PK berkisar 14,41%-21,48%. Gambar 2 menunjukkan bahwa warna kontur dari merah ke biru menyatakan bahwa nilai PK semakin rendah. Penurunan PK terjadi seiring dengan meningkatnya suhu, hal ini disebabkan karena PK mulai mengalami denaturasi pada suhu  $>60^{\circ}C$ .

Tabel 4 menunjukkan hasil yang signifikan ( $p < 0,05$ ) pada BIS tanpa perlakuan dengan BIS yang diayak dan BIS ekstrusi, sedangkan BIS yang diayak dengan BIS ekstrusi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Kandungan PK pada BIS yang diayak lebih tinggi 22,13% dibandingkan dengan BIS tanpa perlakuan 20,10% dan BIS hasil ekstrusi 21,62%. Peningkatan PK setelah pengayakan diduga karena berkurangnya cangkang BIS, selanjutnya penurunan kandungan PK BIS hasil ekstrusi diakibatkan karena penggunaan suhu tinggi, gaya gesek, tekanan dan air (Goodarzi Boroojeni et al. 2016; Adeleye et al. 2020). Selama proses ekstrusi terjadi penonaktifan kandungan PK pada bahan pakan yang mana kebanyakan protein akan terdenaturasi pada suhu 60–70  $^{\circ}C$ ,  $>80^{\circ}C$  struktur sekunder dan tersier pada protein berkurang hampir seluruhnya, namun beberapa kandungan asam amino masih bertahan pada suhu  $>80^{\circ}C$  (Goodarzi Boroojeni et al. 2016). Proses ekstrusi mempengaruhi kecernaan

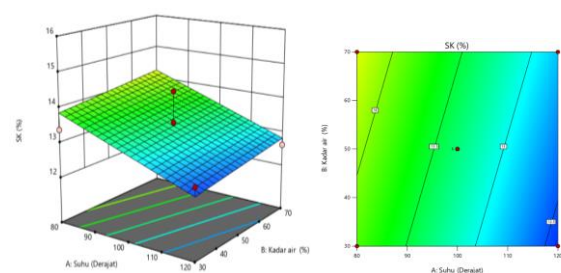
protein yang mana dengan adanya denaturasi protein maka menyebabkan peningkatan daya cerna (Rahman et al. 2015).

### Pengaruh Ekstrusi terhadap Kandungan Serat Kasar Ekstrudat BIS

Gambar 3 menggambarkan permukaan respon serat kasar (SK). Model yang dihasilkan pada respon SK yaitu model linear menunjukkan hasil ANOVA yang signifikan  $p$  sebesar 0,0087 ( $p < 0,05$ ) dimana hanya 0,87% kemungkinan terjadi gangguan. Nilai  $R^2$  menunjukkan data yang menunjang model sebesar 61,3% dipengaruhi oleh suhu dan kadar air sedangkan sisanya 38,7% berasal dari luar variabel. Nilai *lack of fit* 0,8307 memperlihatkan hasil yang tidak signifikan sehingga dapat menggambarkan model, nilai selisih *adjusted R<sup>2</sup>* dan *predicted R<sup>2</sup>* yaitu 0,15, kemudian nilai *adequate precision* yaitu 7,98. Persamaan matematik serat kasar  $Y = + 13,33 - 0,7231*A + 0,2025*B$ . Berdasarkan pengujian statistik pada Tabel 2 variabel suhu berpengaruh signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap SK, sedangkan kadar air tidak signifikan. Gambar plot kurva 3 menunjukkan bahwa warna kontur dari hijau ke biru menyatakan bahwa nilai serat kasar semakin rendah.

Peningkatan suhu menurunkan kandungan serat kasar, penurunan ini bisa secara bertahap apabila suhu terus ditingkatkan, penggunaan suhu yang tinggi serta pengaruh gaya gesek berakibat pada kerusakan ikatan kovalen dan non-kovalen antara polisakarida dan komponen dinding sel serta terjadi pemendekkan serat akibat suhu dan gaya gesek (Roslan et al. 2017). Hal yang sama dikemukakan oleh Faridah et al. (2020) yang mana kekuatan mekanis dari ekstrusi mengakibatkan pemecahan komponen serat.

Berdasarkan Tabel 4 nilai SK pada setiap perlakuan menunjukkan hasil yang signifikan ( $p < 0,05$ ), namun SK pada BIS yang diayak tidak berbeda nyata dengan BIS tanpa perlakuan dan BIS ekstrusi, sedangkan SK pada BIS tanpa perlakuan dengan BIS ekstrusi berbeda nyata. Kandungan SK BIS yang diekstrusi menunjukkan SK yang lebih rendah dibandingkan BIS yang diayak dan BIS tanpa perlakuan berturut-turut 14,23%, 16,77% dan 18,71%. Hasil penurunan kandungan SK ekstrusi BIS dalam penelitian ini masih lebih tinggi 4,48% dari beberapa penelitian yang telah dilaporkan sebelumnya



**Gambar 3** 3D pengaruh suhu dan kadar air terhadap serat kasar dan kontur plot

**Tabel 3** Suhu dan kadar air ekstrudat BIS terhadap respon kandungan PK, SK dan LK

Run	Variabel bebas		Nilai respon					
	Suhu (°C)	Kadar air (%)	PK (%)		SK (%)		LK (%)	
			Exp	Pred	Exp	Pred	Exp	Pred
1	80	70	21,35	22,29	13,81	14,26	12,75	12,94
2	72	50	21,48	22,74	15,02	14,35	12,26	12,24
3	128	50	14,41	15,07	12,28	12,31	13,82	13,88
4	100	50	20,32	18,91	12,68	13,33	12,09	11,77
5	100	78	21,02	19,86	13,97	13,62	13,81	13,58
6	100	22	17,29	17,95	13,10	13,05	12,18	12,45
7	120	30	15,43	15,52	12,66	12,41	13,53	13,30
8	100	50	20,65	18,91	14,33	13,33	11,15	11,77
9	100	50	18,06	18,91	13,27	13,33	12,02	11,77
10	100	50	18,37	18,91	13,43	13,33	11,89	11,77
11	80	30	21,25	20,95	13,37	13,85	12,14	11,97
12	120	70	15,45	16,86	12,61	12,81	13,80	13,93
13	100	50	20,69	18,91	12,78	13,33	11,69	11,77

Keterangan = run : *running*/urutan perlakuan; exp : experiment/pengujian laboratorium INTTP (2023); pred : prediksi berdasarkan CCD-RSM, PK = protein kasar; SK = serat kasar; LK = lemak kasar.

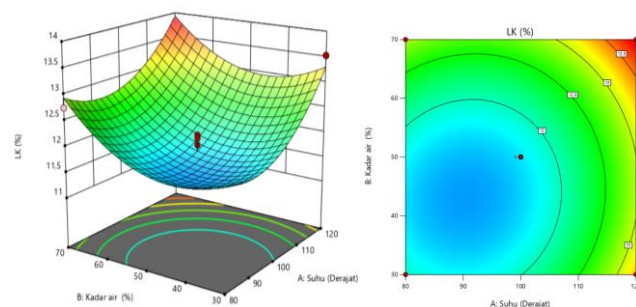
diantaranya Hakim *et al.* (2020) kandungan SK pada BIS turun dari 17,30% ke 14,60% pada penggunaan suhu ekstrusi 80, 90, 100 °C dan kadar air 50%. Selanjutnya penelitian yang sudah dilakukan (Faridah *et al.* 2020) ekstrusi BIS pada suhu 90, 100, 110 °C dan kadar air 50% menurunkan SK yaitu 14,4% dari 18,3%. Penggunaan suhu ekstrusi yang lebih dari 180 °C dapat merusak kualitas nutrisi dan pencernaan pada ternak (Yahaghi *et al.* 2014).

**Pengaruh Ekstrusi terhadap Kandungan Lemak Kasar Ekstrudat BIS**

Berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 2 menggunakan RSM pada lemak kasar (LK) dengan model kuadratik menunjukkan hasil yang signifikan 0,0013 ( $p < 0,05$ ), dimana hanya 0,13% kemungkinan terjadi gangguan, hal ini bermakna bahwa model kuadratik sangat sesuai dalam menduga variabel respon LK. Nilai  $R^2$  0,9148 menunjukkan data yang menunjang model sebesar 91,48%, dan sisanya berasal dari variabel selain suhu dan kadar air. Nilai uji ketidaksesuaian (lack of fit) 0,6399 atau tidak signifikan menunjukkan kesesuaian data respon LK dengan model. Selisih nilai *adjusted*  $R^2$  dan *predicted*  $R^2$  kurang dari 0,2 yaitu 0,14. Nilai *adequate precision* juga melebihi 4 yaitu 9,2226. Adapun persamaan matematik dari respon LK yaitu  $Y = + 11,77 + 0,5808*A + 0,3981*B - 0,0850*A*B + 0,6454*A^2 + 0,6229*B^2$ . Gambar 4 menunjukkan bahwa warna kontur dari merah ke hijau menyatakan bahwa nilai LK semakin rendah. Berdasarkan Tabel 4 Suhu dan kadar air sama-sama berpengaruh signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap LK, namun tidak ada interaksi antara kedua variabel tersebut. Selanjutnya terjadi peningkatan LK pada saat suhu ditingkatkan, kemudian kadar air yang tinggi pada

suhu yang sama membuat LK tinggi sebaliknya kadar air yang rendah pada suhu yang sama menghasilkan LK yang rendah. Penguapan air lebih cepat dibandingkan lemak karena air memiliki titik didih lebih rendah dibandingkan dengan lemak. Selain itu, tekanan tinggi setelah ekstrudat melewati *die* mengakibatkan penguapan air (Salata *et al.* 2014).

Pada Tabel 4 menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan ( $p > 0,05$ ) pada setiap perlakuan terhadap kandungan LK BIS, hasil ekstrusi BIS memperoleh nilai lebih tinggi 10,98% apabila dibandingkan dengan perlakuan pengayakan 10,73% dan tanpa perlakuan 9,65%. Penggunaan suhu yang tinggi pada putaran *screw* dan gaya gesek mengakibatkan penguapan atau pelepasan air serta lemak setelah melewati *die* yang mengakibatkan terjadi penurunan lemak kasar pada suatu bahan hasil ekstrusi serta meminimalkan oksidasi lemak sehingga meningkatkan kualitas nutrisi (Goodarzi Boroojeni *et al.* 2016). Bungkil inti sawit mempunyai kadar lemak yang cukup tinggi, mengingat BIS merupakan hasil ekstraksi minyak sawit sehingga



**Gambar 4** 3D pengaruh suhu dan kadar air terhadap lemak kasar dan kontur plot

**Tabel 4** Evaluasi nutrisi sebelum dan setelah proses ekstrusi BIS (Bungkil Inti Sawit)

Uraian	BIS tanpa perlakuan	BIS yang diayak	BIS hasil ekstrusi
Bahan kering (%)	89,33±0,57 <sup>ab</sup>	88,35±0,10 <sup>a</sup>	90,36±1,39 <sup>b</sup>
Protein kasar (%)	20,10±0,75 <sup>a</sup>	22,13±0,37 <sup>b</sup>	21,49±0,51 <sup>b</sup>
Serat kasar (%)	18,71±2,25 <sup>b</sup>	16,97±2,25 <sup>ab</sup>	14,23±0,49 <sup>a</sup>
Lemak kasar (%)	9,65±0,82	10,73±1,68	10,98±2,02
Abu (%)	6,05±0,22 <sup>a</sup>	6,68±0,12 <sup>b</sup>	6,70±0,28 <sup>b</sup>

Superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

mengakibatkan peningkatan lemak pada BIS hasil ekstrusi yang tidak berbeda dengan BIS hasil pengayakan, hal ini kemungkinan selain suhu dan kadar air tekanan pada proses ekstrusi juga mengakibatkan pelepasan lemak pada ekstrudat BIS.

Beberapa penelitian juga menunjukkan peningkatan LK diantaranya Faridah *et al.* (2020) melaporkan bahwa BIS yang diekstrusi mengalami peningkatan LK 6,2% dibandingkan perlakuan yang diayak 5,5%. Hal yang sama juga terjadi peningkatan pada LK biji kanola yang diekstrusi 3,11% dibandingkan tanpa ekstrusi 3,03% (Ahmed *et al.* 2014).

#### Optimasi dan Validasi Hasil Proses Ekstrusi BIS dengan RSM

Berdasarkan pengujian menggunakan RSM terdapat 1 variabel titik optimasi yang direkomendasikan sebagai variabel proses optimum berdasarkan nilai *desirability* tertinggi atau yang mendekati nilai satu (Montgomery 2013). Pada penelitian ini nilai *desirability* yang diperoleh yaitu 0,701 pada penggunaan suhu 90,867 °C dan kadar air sebanyak 42,323% menghasilkan PK 19,91%, SK 13,58%, LK 11,56% (Tabel 5).

Validasi merupakan tahapan untuk mengkonfirmasi kesesuaian hasil yang diperoleh berdasarkan prediksi respon optimasi dengan kondisi proses aktual. Terdapat empat kali pengulangan untuk menentukan nilai aktual ekstrusi BIS pada kondisi optimal proses yang disarankan oleh aplikasi disajikan pada Tabel 5. Ekstrudat BIS pada suhu dan kadar air yang optimal menghasilkan PK 21,49%, SK 14,23%, dan LK 10,98%.

#### Kerapatan Tumpukan & Kelarutan Total Ekstrudat BIS

Kerapatan tumpukan/KT bertujuan untuk menentukan volume ruang berdasarkan perbandingan antara berat bahan dengan volume ruang yang ditempati dalam satuan  $g\ ml^{-1}$  (Khalil 1999). Tabel 5 menyajikan nilai kerapatan tumpukan menunjukkan hasil yang signifikan pada setiap perlakuan ( $p < 0,05$ ) yang mana nilai KT BIS tanpa perlakuan memiliki nilai yang tinggi dibanding dua

perlakuan lainnya, nilai KT yang tinggi disebabkan karena cemaran cangkang yang masih tinggi atau ukuran partikel lebih besar, hal ini berbeda dengan BIS yang diayak dan BIS hasil ekstrusi memiliki nilai KT yang lebih rendah oleh karena ukuran partikel yang lebih kecil dan seragam. Pengurangan ukuran partikel melalui penggilingan dapat menyebabkan penurunan nilai KT. Kerapatan tumpukan yang rendah pada BIS hasil ekstrusi akibat proses ekstrusi yang menyebabkan kadar air lebih rendah dan berat jenis menurun/mengembang.

Kelarutan total yang tinggi menggambarkan semakin besar bahan pakan yang larut dalam saluran pencernaan yang berdampak pada kecepatan degradasi nutrisi suatu bahan. Tabel 6 menunjukkan nilai kelarutan total pada ketiga perlakuan memiliki hasil yang signifikan ( $p < 0,05$ ) yang mana nilai kelarutan hasil ekstrusi dan BIS yang diayak menghasilkan nilai yang lebih besar dari BIS tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut mampu meningkatkan nilai kelarutan total, sedangkan rendahnya nilai kelarutan total pada BIS tanpa perlakuan diakibatkan karena kandungan SK yang masih tinggi karena bahan pakan ini masih tercampur dengan cangkang yang mengandung lignin yang tinggi atau bahan yang tidak mudah larut.

Ukuran partikel yang kecil membuat tingginya kelarutan total. Selain itu kelarutan dalam air juga dipengaruhi oleh jenis karbohidrat penyusunnya seperti NSP, apabila kandungan NSP tinggi maka sulit terhidrolisis dalam air.

Kandungan NSP bersifat antinutritisi dan mempengaruhi saluran pencernaan unggas, hal ini berdampak pada rendahnya nilai kelarutan total. Proses ekstrusi membuktikan dapat meningkatkan kelarutan, hal ini terlihat dari nilai kelarutan total masih lebih tinggi dibandingkan dengan kedua perlakuan lainnya yaitu BIS tanpa perlakuan dan BIS yang diayak.

Perlakuan ekstrusi yang melibatkan suhu dan tekanan menunjukkan terjadinya pelepasan atau peregangan pada ikatan serat yang kompleks menjadi sederhana sehingga membuatnya lebih mudah larut dan meningkatkan nilai kelarutan total. Menurut Hakim *et al.* (2020) menambahkan bahwa perlakuan ekstrusi mengakibatkan penurunan NSP pada BIS.

**Tabel 5** Pengaruh BIS tanpa perlakuan, pengayakan dan ekstrusi terhadap kerapatan tumpukan (KT) dan kelarutan total (Kel. Total)

Uraian	BIS tanpa perlakuan	BIS yang diayak	BIS hasil ekstrusi
KT ( $kg\ m^{-3}$ )	670±19,43 <sup>c</sup>	520±41,26 <sup>b</sup>	420±8,50 <sup>a</sup>
Kel. total (%)	20,67±0,10 <sup>a</sup>	23,05±0,25 <sup>b</sup>	24,10±0,07 <sup>c</sup>

Superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

## SIMPULAN

Hasil optimasi suhu proses ekstrusi dan kadar air bungkil inti sawit menggunakan RSM memperoleh suhu dan kadar air optimal yaitu 91 °C dan 42% serta menghasilkan kandungan nutrisi terbaik yaitu nilai protein kasar 21,49%, serat kasar 14,23%, dan lemak kasar 10,98%, kerapatan tumpukan 420 kg m<sup>-3</sup> dan kelarutan total 24,11%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas bantuan pendidikan melalui beasiswa LPDP dan ucapan terima kasih kepada Institut Pertanian Bogor melalui dana hibah program Penelitian Dosen Muda Nomor: 2903/IT3.L.1/PT.01.03/M/T/2022 Tahun Anggaran 2022.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. *Association of Official Analytical Chemist*. Washington (US): Benjamin Franklin Station.
- Adeleye OO, Awodiran ST, Ajayi AO & Ogunmoyela TF. 2020. Effect of high-temperature, short-time cooking conditions on in vitro protein digestibility, enzyme inhibitor activity and amino acid profile of selected legume grains. *Heliyon*. 6(11):e05419. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05419.
- Ahmed A, Zulkifli I, Farjam AS, Abdullah N & Liang JB. 2014. Extrusion enhances metabolizable energy and ileal amino acids digestibility of canola meal for broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*.13(1):44-47. doi:10.4081/ijas.2014.3032.
- Araba M & Dale NM. 1990. Evaluation of Protein Solubility as an Indicator of Underprocessing of Soybean Meal. *Poultry Science* 69(10):1749-1752 doi:10.3382/ps.0691749.
- Arun Kumar TV, Samuel DVK, Jha SK & Sinha JP. 2015. Twin screw extrusion of sorghum and soya blends: A response surface analysis. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 17(3):649-662.
- Azizi MN, Loh TC, Foo HL & Chung ELT. 2021. Is palm kernel cake a suitable alternative feed ingredient for poultry? *Animals*.11(2):1-15. doi:10.3390/ani11020338.
- Behera SK, Meena H, Chakraborty S & Meikap BC. 2018. Application of response surface methodology (RSM) for optimization of leaching parameters for ash reduction from low-grade coal. *International Journal of Mining Science and Technology*. 28(4):621-629. doi:10.1016/j.ijmst.2018.04.014.
- Colovic D, Colovic R, Levic J, Ikonc B, Vukmirovic D & Levic L. 2016. Linseed-sunflower meal co-extrudate as a functional additive for animal feed - extrusion optimization. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 18:1761-1772.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2022. Statistik Perkebunan Non Unggulan Nasional 2020-2022. Jakarta (ID) : Sekr Direktorat Jenderal Perkebunan
- Faridah HS, Goh YM, Noordin MM, & Liang JB. 2020. Extrusion enhances apparent metabolizable energy, ileal protein and amino acid digestibility of palm kernel cake in broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 33(12):1965-1974. doi:10.5713/ajas.19.0964.
- Goodarzi Boroogeni F, Svihus B, Graf von Reichenbach H & Zentek J. 2016. The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. *Animal Feed Science and Technology*.220:187-215. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.07.010.
- Hakim AH, Zulkifli I, Soleimani Farjam A, Awad EA, Abdullah N, Chen WL & Mohamad R. 2020. Passage time, apparent metabolisable energy and ileal amino acids digestibility of treated palm kernel cake in broilers under the hot and humid tropical climate. *Italian Journal of Animal Science*. 19(1):194-202. doi:10.1080/1828051X.2020.1712266.
- Khalil. 1999. Pengaruh kandungan air dan ukuran partikel terhadap sifat fisik pakan lokal, kerapatan tumpukan pemadatan tumpukan, dan berat jenis. *Media Peternakan*. 22(1):1-11.
- Montgomery DC. 2013. *Design and Analysis of Experiments*. Eighth Edi. Denver (US) : John Wiley & Sons, Inc.
- Puastuti W, Yulistiani D & Susana I. 2014. Evaluasi nilai nutrisi bungkil inti sawit yang difermentasi dengan kapang sebagai sumber protein ruminansia. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 19(2):143-151 doi:10.14334/jitv.v19i2.1043.
- Rahman MAU, Rehman A, Chuanqi X, Long ZX, Binghai C, Linbao J & Huawei S. 2015. Extrusion of Feed/Feed Ingredients and Its Effect on Digestibility and Performance of Poultry: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4(4):48-61. http://www.ijcmas.com.
- Roslan MAH, Abdullah N, Murad NZA, Halmi MIE, Idrus Z, & Mustafa S. 2017. Optimisation of extrusion for enhancing the nutritive value of palm kernel cake using response surface methodology. *BioResources*. 12(3):6679-6697. doi:10.15376/biores.12.3.6679-6697.
- Salata C da C, Leonel M, Trombini FRM & Mischan MM. 2014. Extrusion of blends of cassava leaves and cassava flour: physical characteristics of extrudates. *Food Science and Technology* 34(3):501-506. doi:10.1590/1678-457x.6337.
- Yahaghi M, Liang JB, Balcells J, Valizadeh R, Jahromi MF, Alimon R & Ho YW. 2014. Extrusion of sorghum starch enhances ruminal and intestinal digestibility, rumen microbial yield and growth in lambs fed on high-concentrate diets. *Animal Feed Science and Technology*. 189:30-40. doi:10.1016/j.anifeedsci.2013.12.009.
- Yousf N, Nazir F, Salim R, Ahsan H & Sirwal A. 2017. Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. *ournal Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(66):2165-2168.
- Steel RGD TJ. 1993. Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik. Terjemahan: M. Syah. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.