

## Upaya Meningkatkan Kualitas Bungkil Inti Sawit melalui Teknologi Fermentasi dan Penambahan Enzim untuk Unggas

### (Efforts to Improve the Quality of Palm Kernel Cake through Fermentation Technology and Enzyme Addition for Poultry)

Tiurma Pasaribu

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720 Indonesia  
pasaributiurma@yahoo.com

(Diterima 5 Maret 2018 – Direvisi 24 Agustus 2018 – Disetujui 4 September 2018)

#### ABSTRACT

Palm kernel cake (PKC) with the protein content 14-21% and crude fiber about 17.63% is a by product of palm kernel oil. Utilization of PKC as source of protein for poultry feed is still limited. While demand of feed is getting increased. Therefore, the technology to improve PKC quality is needed to optimize using PKC. This paper inform any efforts to improve the quality of PKC through fermentation technology and addition of enzymes and their utilization as poultry feed ingredient. Fermentation process of PKC can be done using single bacteria, mold or combination of them. By fermentation technology, the protein of PKC increased up to 88% (from 13-15% to 16-28%) and crude fiber decreased by 28% (from 17 to 12.21%). Palm kernel cake after fermentation can substitute soybean meal up to 18%, can be used up to 21% in broiler ration, and up to 25% in layer ration. Enzyme addition could increase metabolisable energy. Fermented PKC and enzyme addition can improve feed efficiency and feed conversion, and reduce abdominal fat in the broiler. Fermentation technology and addition of enzyme to PKC could improve the nutritional quality of PKC.

**Key words:** Palm kernel cake, microbes, performance, poultry

#### ABSTRAK

Bungkil inti sawit (BIS) mengandung protein 14-21% dan serat kasar sekitar 17,63% yang merupakan hasil ikutan dari proses pembuatan minyak inti sawit. Penggunaan BIS sebagai sumber protein untuk unggas masih terbatas jumlahnya. Di lain pihak permintaan pakan semakin meningkat. Oleh karena itu, diperlukan teknologi untuk meningkatkan kualitas BIS agar mengoptimalkan penggunaan BIS. Makalah ini menginformasikan berbagai upaya peningkatan kualitas BIS melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim serta pemanfaatannya sebagai bahan pakan unggas. Proses fermentasi BIS dapat dilakukan dengan menggunakan satu jenis bakteri, kapang atau kombinasi keduanya. Dengan teknologi fermentasi, protein BIS meningkat hingga 88% (13-15% menjadi 16-28%) dan serat kasar menurun hingga 28% (17 menjadi 12,21%). Bungkil inti sawit setelah difermentasi dapat menggantikan bungkil kedelai hingga 18%, digunakan hingga 21% dalam ransum ayam pedaging dan 25% dalam ransum ayam petelur. Penambahan enzim dapat meningkatkan metabolisme energi. Bungkil inti sawit fermentasi dan penambahan enzim dapat meningkatkan efisiensi pakan, memperbaiki konversi pakan dan menurunkan lemak abdomen pada ayam pedaging. Teknologi fermentasi dan penambahan enzim pada BIS dapat meningkatkan kualitas BIS sebagai bahan pakan unggas.

**Kata kunci:** Bungkil inti sawit, mikroba, enzim, unggas

#### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara terbesar penghasil minyak kelapa sawit (*crude palm oil*/CPO), disusul Malaysia dan Thailand (Ditjenbun 2017). Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2011 sekitar 8.992.824 ha dengan produksi CPO 23.096.541 ton dan tahun 2015 meningkat menjadi 31.070.015 ton (Ditjenbun 2017). Produksi CPO dan inti sawit setiap tahunnya meningkat seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Seiring dengan peningkatan produksi inti sawit, terjadi juga peningkatan hasil samping dari proses produksi minyak inti sawit yaitu bungkil inti sawit (BIS). Proporsi BIS kira-kira 45-46% dari inti sawit atau 2,0-2,5% dari bobot tandan sawit (Sindu 1999) sehingga diperkirakan produksi BIS pada tahun 2017 hampir mencapai 3,2 juta ton. Walaupun produksi BIS saat ini melimpah, namun hampir 90% diekspor ke luar negeri karena harganya yang cukup tinggi (150-200 US\$/ton) (Kemendag 2014). Bungkil inti sawit sangat berpotensi

**Tabel 1.** Produksi minyak kelapa sawit, inti sawit (*palm kernel*) dan BIS dari perkebunan besar di Indonesia tahun 2011-2017

Tahun	Minyak kelapa sawit (ton)	Inti sawit (ton)	Bungkil inti sawit (ton)***
2011	23.096.541	4.619.308	2.078.689
2012	26.015.518	5.203.104	2.341.397
2013	27.782.004	5.556.401	2.500.380
2014	29.278.189	5.855.638	2.635.037
2015	31.070.015	6.214.003	2.796.301
2016*	33.229.381	6.645.876	2.990.644
2017**	35.359.384	7.071.877	3.182.345

\*Sementara; \*\*Estimasi; \*\*\*Perhitungan (BIS: 45% dari inti sawit/kernel)

**Sumber:** Ditjenbun (2017)

sebagai bahan pakan ternak karena mengandung kadar protein antara 14,19-21,66%, lemak 9,5-10,5% dan serat kasar 12-63% (Mathius et al. 2005; Nuraini & Trisna 2006; Chong et al. 2008; Pasaribu *in publish*).

Kebutuhan pakan di Indonesia baik untuk ruminansia dan non ruminansia termasuk unggas setiap tahunnya terus meningkat karena meningkatnya populasi ternak yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pangan hewani. Menurut Gabungan Perusahaan Makanan Ternak (GPMT) bahwa kebutuhan pakan unggas (ayam pedaging, ayam petelur, ayam lokal dan itik) tahun 2017 di Indonesia sekitar 18,5 juta ton. Laporan GPMT menunjukkan bahwa kebutuhan pakan ayam dalam 20 tahun ke depan diperkirakan meningkat 100% lebih. Kebutuhan bahan pakan dapat dipenuhi dari hasil pertanian, tetapi juga dari limbah atau hasil samping pertanian atau industri. Bahan pakan yang umum digunakan dalam pakan unggas adalah jagung, dedak padi, *wheat pollard*, bungkil kedelai, tepung ikan, *distillers dried grains with solubles* (DDGS), *meat bone meal* (MBM) dan lain-lain. Beberapa tahun yang lalu, Indonesia masih mengimpor jagung dalam jumlah yang signifikan. Namun, sejak pemerintah mengupayakan secara khusus peningkatan produksi padi, jagung dan kedelai melalui Program Pajale, impor jagung untuk keperluan bahan pakan turun dari 3,16 juta ton (2014) menjadi 2,74 juta ton (2015) dan turun signifikan menjadi 884.000 ton (2016), serta tahun 2018 tidak ada jagung yang diimpor untuk bahan pakan. Untuk bungkil kedelai, Indonesia sangat tergantung pada impor dan merupakan pengimpor terbesar ketiga di dunia (GPMT 2017). Selain itu, beberapa bahan pakan lainnya juga diimpor.

Salah satu komoditas yang punya peluang sebagai bahan pakan unggas adalah hasil samping pengolahan inti sawit, yaitu BIS. Pemanfaatan BIS sebagai bahan pakan masih kurang karena adanya beberapa kendala seperti kadar protein rendah, kadar serat dan manan yang tinggi. Bungkil inti sawit kaya akan polisakarida *nonstarch* (NSP) dengan struktur utama galaktomanan,

glukomanan dan manan (Aman & Graham 1990) dengan jumlah manan sekitar 35,2% (Carré 2002; Fan et al. 2014). Namun, kendala-kendala tersebut bisa diatasi dengan cara menurunkannya melalui berbagai teknik secara kimia, fisika dan biologi. Pengolahan secara biologis diantaranya teknologi fermentasi menggunakan mikroba, baik kapang atau bakteri dan teknologi penambahan enzim yang diproduksi menggunakan mikroba.

Tulisan ini bertujuan untuk menginformasikan upaya meningkatkan kualitas BIS melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim serta pemanfaatannya sebagai bahan pakan unggas.

#### PERMASALAHAN KUALITAS DAN UPAYA PENINGKATAN NILAI NUTRISI BUNGKIL INTI SAWIT

Pemanfaatan BIS sebagai bahan pakan unggas masih sangat terbatas karena kualitas nutrisi BIS yang kurang optimal. Bungkil inti sawit memiliki kandungan protein kasar yang cukup rendah (14,49%) padahal pakan ayam terutama ayam pedaging berdasarkan SNI harus mengandung kadar protein kasar 19-22% (Ditjen PKH 2017). Bungkil inti sawit mengandung serat kasar yang tinggi (17,63%), sementara serat kasar yang diperbolehkan untuk pakan unggas maksimal 5%. Selain itu, dalam BIS masih ada sisa-sisa cangkang sawit, dapat mencapai sekitar 9,1-22,8% yang menyebabkan semakin tingginya kadar serat kasar dan dikhawatirkan merusak dinding saluran pencernaan (Chin 2002; Sinurat et al. 2013). Ayam juga tidak mampu mencerna serat kasar, sebab tidak memiliki enzim-enzim yang mampu mendegradasi serat menjadi senyawa yang lebih sederhana untuk bisa diserap dalam saluran pencernaan unggas.

Bungkil inti sawit kaya akan NSP dengan struktur utama galaktomanan, glukomanan dan manan dengan jumlah manan sekitar 35,2% (Carré 2002; Fan et al.

2014). Hal ini juga merupakan salah satu kendala dalam pemanfaatan BIS sebagai bahan pakan ayam. Manan ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> merupakan polimer dari D-manosa dengan rantai  $\beta$ 1,4 dan D-galaktosa yang sulit didegradasi (Carré 2002), namun bila terdegradasi akan menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu manosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dan akan lebih mudah dicerna. Kadar manan yang tinggi (>40% BIS) dalam pakan unggas dapat menyebabkan kotoran basah dan timbulnya penyakit pada usus sehingga terjadi penurunan bobot badan (Daskiran et al. 2004). Oleh sebab itu, harus dilakukan pengolahan untuk menurunkan kadar serat kasar dan meningkatkan protein. Ada beberapa teknologi yang digunakan untuk meningkatkan nilai gizi BIS, yaitu secara kimia dengan teknologi perendaman dalam asam atau alkali (Sharmila et al. 2014). Melalui teknik kimia, peningkatan kadar protein pada BIS belum ada yang melaporkan, namun untuk menurunkan serat kasar bahan BIS telah dilaporkan dengan perendaman dalam asam asetat dan asam format atau alkali (amonium hidroksida) (Sharmila et al. 2014). Penurunan kadar serat dapat dilakukan dengan metode perendaman dalam alkali, karena terabsorpsinya alkali ke dalam dinding sel bahan, kemudian memutus ikatan ester pada rantai lignin, hemiselulosa dan selulosa yang menyebabkan struktur dinding sel menjadi lebih sederhana (Chenost & Kayouli 1997).

Pengolahan secara fisik dengan teknologi penyaringan merupakan cara sederhana yang dapat mengurangi serat kasar dalam BIS (Sinurat et al. 2013). Teknologi fisika dalam peningkatan nilai nutrisi BIS dilakukan dengan mengurangi bahan-bahan yang tidak diperlukan seperti cangkang BIS itu sendiri, yaitu dengan teknologi penyaringan. Sinurat et al. (2013) melaporkan dengan penyaringan BIS pada diameter 2 mm dapat menurunkan serat kasar 24,7%, meningkatkan kadar lemak dan protein masing-masing sekitar 15,8% dan 3,4%, meningkatkan kadar asam amino 7,6%. Pengolahan secara biologis dapat dilakukan dengan teknologi fermentasi (Supriyati et al. 1998; Pasaribu et al. 2001). Pengolahan secara fermentasi akan dibahas lebih lanjut pada subbab selanjutnya. Selain pengolahan, penambahan enzim pada ransum yang mengandung BIS sudah banyak diteliti dengan hasil bahwa enzim efektif mendegradasi hemiselulosa dan selulosa, serta meningkatkan metabolisme energi BIS (Saenphoom et al. 2013). Enzim yang biasa ditambahkan adalah mananase, selulase, hemiselulase dan xilanase (Ketaren et al. 2012; Chen et al. 2013). Penambahan enzim dapat meningkatkan bobot badan, memperbaiki konversi pakan (Sinurat et al. 2016),

## PENINGKATAN KUALITAS BUNGKIL INTI SAWIT

Alternatif lain yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai nutrisi BIS adalah dengan teknologi secara biologis yaitu melalui fermentasi. Pada proses fermentasi, mikroba yang ditambahkan ke dalam substrat dapat berupa mikroba tunggal maupun campuran beberapa mikroba. Teknologi fermentasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung, artinya penggunaan mikroba ditambahkan ke substrat BIS lalu difermentasi (Pasaribu 2010). Pada proses fermentasi, ada mikroba yang ditambahkan, baik tunggal maupun campuran beberapa mikroba. Sedangkan secara tidak langsung dilakukan dengan penambahan enzim (Sinurat et al. 2013). Enzim diisolasi dari hasil fermentasi dengan kapang atau bakteri tertentu. Kemudian enzim dalam bentuk cair dapat langsung ditambahkan ke dalam campuran pakan atau enzim dipadatkan terlebih dahulu sebelum dicampur ke dalam pakan.

### Teknologi fermentasi

Fermentasi adalah segala macam proses metabolik dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh mikroba (jasad renik) untuk melakukan oksidasi, reduksi, hidrolisis dan reaksi kimia lainnya, sehingga terjadi perubahan kimia pada suatu substrat organik dengan menghasilkan produk tertentu (Prescott et al. 2004). Fermentasi pada umumnya menyebabkan berkurang dan hilangnya fraksi karbohidrat karena dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber energi, sedangkan protein terhidrolisis menjadi asam amino, lemak terurai menjadi asam lemak, sehingga bahan pakan setelah fermentasi memiliki daya cerna yang lebih tinggi dan kandungan vitamin, terutama golongan vitamin B yang lebih tinggi serta menghasilkan hidrolisat yang mudah diserap. Disamping itu, fermentasi juga menghasilkan biomassa mikroba yang bernilai tinggi (Buckle et al. 1987; Muchtadi 1989).

Dalam melakukan fermentasi pada prinsipnya adalah pengaturan kondisi pertumbuhan optimum mikroorganisme, sehingga dapat mencapai dan menghasilkan laju pertumbuhan yang maksimal. Faktor yang perlu diperhatikan dalam proses fermentasi adalah jenis substrat/media, mikroorganisme dan kondisi fisik pertumbuhan. Ketiga faktor tersebut berpengaruh terhadap massa dan komposisi sel (Tannenbaum 1985).

### Media fermentasi

Menurut jenis medianya, proses fermentasi dibagi menjadi tiga yaitu: (1) Fermentasi medium padat, dimana mediumnya tidak larut (bentuk padat) dan kondisi substrat cukup lembab untuk kebutuhan hidup mikroba dengan kadar air 60%; (2) Fermentasi medium semi padat menggunakan medium yang tidak larut dengan kelembaban cukup dan kadar air 65-80%; (3) Fermentasi medium cair menggunakan medium cair dengan substrat larut dan atau tidak larut dengan kadar air >80% (Stansbury et al. 1997).

Komposisi media dan kondisi lingkungan merupakan faktor yang sangat penting untuk proses fermentasi. Jenis media ada yang kompleks dan sintetik (buatan) dimana sekecil apapun modifikasi media dapat merubah stabilitas sel, kualitas produk, dan proses fermentasi. Secara umum, media fermentasi mengandung makronutrien berupa karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), Sulfur (S), Fosfat (P), dan magnesium (Mg) yang berasal dari air, gula-gula, lemak, asam amino, dan garam mineral yang ditambahkan ke dalam medium. Sedangkan mikronutrien yang dibutuhkan adalah trace element ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ;  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) dan vitamin. Makro dan mikro nutrien dibutuhkan mikroorganisme untuk pertumbuhan, perkembangan, dan biosintesis produk-produk metabolisme (Prescott et al. 2004). Selain nutrien yang dibutuhkan, jenis substrat, jenis mikroorganisme dan kondisi fisik tempat pertumbuhan perlu diperhatikan. Setiap jenis mikroorganisme memiliki kemampuan yang berbeda dalam memecah komponen substrat untuk keperluan metabolismenya dan kinetika enzim, sehingga

mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi hanya satu jenis maupun kombinasi dari beberapa jenis mikroorganisme. Untuk substrat padat atau semi padat, jenis, sifat dan preparasi substrat penting diperhatikan. Faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi massa dan komposisi sel produk fermentasi yang dihasilkan (Tannenbaum 1985).

Fermentasi medium padat sudah sejak lama dikenal oleh masyarakat karena secara tradisional, fermentasi medium padat sudah dilakukan untuk bahan makanan, misalnya fermentasi untuk menghasilkan tempe, tape singkong dan sebagainya sehingga proses fermentasi medium padat untuk proses bahan pakan akan mudah diajarkan dan diterima oleh peternak. Keuntungan penggunaan medium padat antara lain: (1) Tidak memerlukan tambahan lain kecuali air; (2) Persiapan inokulum lebih sederhana; (3) Dapat menghasilkan produk dengan kepekatan tinggi; (4) Kontrol terhadap kontaminan lebih mudah; (5) Kondisi medium mendekati keadaan tempat tumbuh alamiah; (6) Produktivitas tinggi; dan (7) Tidak diperlukan kontrol pH maupun suhu yang teliti (Pasaribu 2010).

### Starter/inokulan untuk mengolah bungkil inti sawit

Dilihat dari komposisi kimia, BIS dapat menjadi substrat atau medium tumbuh mikroba karena mengandung karbohidrat sebagai sumber karbon dan protein sebagai sumber nitrogen, serta kalsium dan fosfor sebagai sumber mineral. Beberapa mikroba yang digunakan untuk fermentasi BIS diuraikan pada Tabel 2. Mikroba kapang atau bakteri yang digunakan menghasilkan enzim-enzim yang berbeda untuk memecah karbohidrat bukan pati, selulosa atau memecah protein.

**Tabel 2.** Beberapa mikroba yang dapat digunakan untuk fermentasi bungkil inti sawit

Mikroba	Karakteristik	Sumber
<i>Aspergillus niger</i> tipe liar dan NRRL 337	Bersifat termofilik, efisien memproduksi enzim selulase	Supriyati et al. (1998)
<i>Trichoderma harzianum</i>	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Trichoderma reesei</i>	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Penicillium sp</i>	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Aspergillus oryzae</i>	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Trichoderma viridae</i>	Memproduksi selulase	Puastuti et al. (2014)
<i>Eupenicillium javanicum</i>	Memproduksi enzim mananase	Purwadaria et al. (2003)
<i>Bacillus amyloliquifaciens</i>	Bersifat proteolitik (menguraikan protein menjadi lebih sederhana)	Pasaribu (2010)
<i>Bacillus cereus</i>	Bersifat proteolitik (menguraikan protein menjadi lebih sederhana)	Sihite & Pakpahan (2015)
<i>Paenibacillus curdolanolyticus</i> DSMZ 10248	Bersifat selulolitik dan hemiselulolitik	Alshelmani et al. (2014)
<i>P. polymyxa</i> ATCC 842	Bersifat selulolitik dan hemiselulolitik	Alshelmani et al. (2014)
<i>B. megaterium</i> ATCC 9885	Bersifat selulolitik dan hemiselulolitik	Alshelmani et al. (2014)

**Peningkatan nilai nutrisi bungkil inti sawit fermentasi**

Beberapa jenis kapang dan bakteri telah digunakan untuk meningkatkan nilai protein sehingga kualitas BIS meningkat, disajikan pada Tabel 3. Peningkatan protein pada BIS tidak lepas dari pertumbuhan sel mikroba selama proses fermentasi. Kandungan peptidoglikan pada dinding sel mikroba tersebut memberi kontribusi pada peningkatan protein. Semakin banyak sel mikroba tumbuh, maka kandungan protein dalam produk fermentasi medium padat akan meningkat (Sukaryana et al. 2010). Tabel 3 menunjukkan bahwa fermentasi dengan menggunakan kapang menunjukkan kadar protein yang lebih baik dibandingkan dengan fermentasi menggunakan bakteri. Alshelmani et al. (2014) melaporkan bahwa kapang mempunyai aktivitas selulose dan hemiselulose yang lebih tinggi dari bakteri sehingga mampu mendegradasi selulosa dan hemiselulosa dari dinding sel. Dengan demikian, kadar serat dan hemiselulosa substrat fermentasi menurun sehingga kadar protein hasil fermentasi menjadi meningkat. Bila kadar protein yang dilaporkan merupakan kadar protein kasar, maka unsur nitrogen dalam asam nukleat yang merupakan

komponen dinding sel jamur yang tumbuh selama fermentasi akan dihitung sebagai protein kasar.

Selain penggunaan mikroba tunggal, juga dapat dipakai kombinasi dari beberapa bakteri atau campuran bakteri dan kapang untuk memperbaiki kualitas BIS (Tabel 4). Penggunaan kombinasi inokulan bakteri antara *Paenibacillus polymyxa* ATCC 842 dan *Bacillus megaterium* ATCC 9885 atau *B. amyloliquefaciens* DSMZ 1067 dan *P. curdlanolyticus* DSMZ 10248 atau sebaliknya tidak memperlihatkan kenaikan protein yang berbeda pada fermentasi BIS dan juga tidak berbeda dengan pemakaian inokulan tunggal. Hal ini menunjukkan pemakaian inokulan tunggal (Tabel 3) lebih efisien dibandingkan jika dua jenis bakteri yang digabungkan (Tabel 4). Namun, penggunaan kapang lebih efektif dibandingkan dengan bakteri baik yang tunggal ataupun yang kombinasi. Tapi bila bakteri *B. amyloliquefaciens* dan kapang *T. harzianum* digunakan sebagai kombinasi inokulan untuk fermentasi, maka terjadi peningkatan protein BIS sebesar 32,14% (Pasaribu *in publish*).

Selain meningkatkan kadar protein, teknologi fermentasi juga dapat memperbaiki daya cerna BIS terfermentasi, karena serat kasarnya turun.

**Tabel 3.** Beberapa mikroba yang dapat meningkatkan protein bungkil inti sawit

Mikroba tunggal	Kadar protein (%)		Peningkatan (%)	Sumber
	Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi		
<i>Aspergillus niger</i> NRRL 337 <sup>a</sup>	14,19	25,06	76,60	Bintang et al. (1999)
<i>Aspergillus oryzae</i>	13,98	26,33	88,34	Puastuti et al. (2014)
<i>Aspergillus niger</i>	13,98	25,78	84,41	Puastuti et al. (2014)
<i>Trichoderma viride</i>	13,98	23,05	64,88	Puastuti et al. (2014)
<i>Eupenicillium javanicum</i>	16,07	26,27	63,47	Mirawati et al. (2014)
<i>Paenibacillus polymyxa</i> ATCC 842 <sup>b</sup>	13-15	16,77	11,8-21,3	Alshelmani et al. (2014)
<i>Bacillus megaterium</i> ATCC 9885 <sup>b</sup>	13-15	16,61	10,7-16,6	Alshelmani et al. (2014)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> DSMZ 1067 <sup>b</sup>	13-15	16,47	9,8-26,7	Alshelmani et al. (2014)
<i>Paenibacillus curdlanolyticus</i> DSMZ 10248 <sup>b</sup>	13-15	16,64	10,9-28,0	Alshelmani et al. (2014)

<sup>a</sup>Kapang; <sup>b</sup>Bakteri

**Tabel 4.** Beberapa kombinasi mikroba yang dapat meningkatkan protein bungkil inti sawit

Kombinasi mikroba	Kadar protein (%)			Sumber
	Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi	Peningkatan	
PQ	13-15	16,60	10,67-27,69	Alshelmani et al. (2014)
PR	13-15	16,45	9,67-26,54	Alshelmani et al. (2014)
QS	13-15	16,55	10,33-27,31	Alshelmani et al. (2014)
QRS	13-15	16,57	10,47-27,46	Alshelmani et al. (2014)
Koktail mikroba	21,66	28,68	32,41	Pasaribu ( <i>in publish</i> )

P: *P. polymyxa* ATCC 842; Q: *B. megaterium* ATCC 9885; R: *B. amyloliquefaciens* DSMZ 1067; S: *P. curdlanolyticus* DSMZ 10248; Koktail mikroba: Bakteri *B. amyloliquefaciens* dan kapang *T. harzianum*

Sari & Purwadaria (2004) melaporkan fermentasi BIS dengan inkubasi selama tiga hari dengan menggunakan mikroba *Aspergillus niger* tipe liar, daya cerna bahan kering BIS meningkat sekitar 21% dan protein tercerna BIS naik sekitar 54%. Sedangkan pada pencernaan protein kasar pada ileum ayam hingga umur 42 hari memberikan hasil yang berarti, dimana pemberian 10% BIS sebelum fermentasi mempunyai pencernaan 65,9%, setelah BIS difermentasi meningkat menjadi 76,2% (Alshelmani et al. 2016). Peningkatan daya cerna bahan kering dan protein disebabkan terdegradasinya serat kasar menjadi gula sederhana dan protein menjadi asam amino oleh mikroba sehingga lebih mudah dicerna, akibatnya daya cerna meningkat.

Pada teknologi fermentasi, selain meningkatkan kadar protein, juga dapat menurunkan kadar serat kasar. Fermentasi BIS dengan *A. niger* 337 menurunkan serat kasar sekitar 37,6%, ADF 23,5%, dan NDF 10,0-14,0% (Sinurat et al. 1998; Supriyati et al. 1998). Fermentasi kelapa sawit selama enam hari dengan menggunakan kapang *Trichoderma reesei* menurunkan serat kasar 33,48% (Lie et al. 2015); 19,59% (Dairo & Fasuyi 2008). Fermentasi BIS selama tujuh hari dengan menggunakan campuran asam humat 100 ppm dan *A. niger* menurunkan serat kasar 11,89% (Mirnawati et al. 2010). Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut di atas bahwa penerapan teknologi fermentasi pada BIS dapat menurunkan serat kasar pada BIS sekitar 12-38%.

#### Pemberian bungkil inti sawit terfermentasi terhadap performans unggas

Beberapa jenis mikroba yang digunakan dalam fermentasi BIS dan aplikasinya dalam ransum ayam disarikan pada Tabel 5. Secara umum pemberian BIS terfermentasi hingga 24% dalam ransum tidak mengganggu performans ayam, pencernaan nutrisi, morfologi usus, sebaliknya dapat memperbaiki

konversi pakan dan mengurangi lemak abdomen. Pada itik yang sedang tumbuh, pemberian BIS terfermentasi hingga 15% tidak berdampak negatif terhadap pertumbuhan, karkas, dan organ dalam (Bintang et al. 1999).

#### Penambahan enzim untuk peningkatan nutrisi bungkil inti sawit

Manan, galaktomanan, glukomanan (kelompok NSPs) merupakan komponen karbohidrat utama dalam BIS yang merupakan kendala pemanfaatan BIS untuk bahan pakan unggas. Selain difermentasi, cara lain untuk menurunkan komponen tersebut adalah dengan cara menambahkan enzim dalam ransum yang mengandung BIS. Enzim yang dapat ditambahkan ke dalam BIS adalah mananase, selulase, hemiselulase, xilanase (Chen et al. 2013). Enzim pendegradasi manan dapat bersumber dari kapang *Eupenicillium javanicum* (Purwadaria et al. 2003; Pasaribu et al. 2009), *Aspergillus niger*, *Sclerotium rolfsii*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningi* dan *Trichoderma longibrachiatum* (Ilyemi et al. 2006). Ketika membandingkan kedua jenis mikroorganisme dalam memproduksi mananase, Abd-Aziz et al. (2009) melaporkan bahwa *A. niger* lebih baik dibandingkan dengan *S. rolfsii* dalam menghasilkan mananase. Aktivitas mananase dari enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme yang berbeda sangat bervariasi. Enzim BS4 dari *E.javanicum* memiliki aktivitas mananase yang tinggi (460,92 U/ml) (Pasaribu et al. 2009) sedangkan enzim yang diproduksi oleh *Streptomyces cyaneus* dan *Streptomyces violascens* BF3.10 memiliki aktivitas mananase masing-masing 1.706 dan 16,38 U/ml (Seftiono 2017). Sementara bakteri *Bacillus subtilis* memproduksi enzim dengan aktivitas mananase sekitar 37,7 U/ml. Dalam multienzim komersil terdapat campuran beberapa enzim yaitu  $\beta$ -mannanase, xylanase, amylase, protease, cellulase dan  $\beta$ -glucanase.

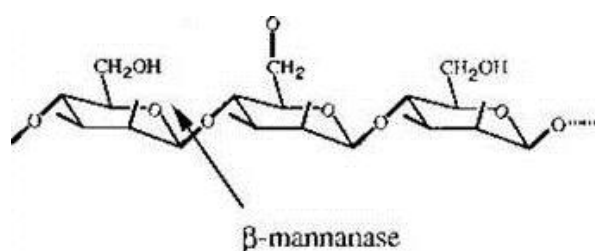
**Tabel 5.** Pengaruh pemberian bungkil inti sawit terfermentasi pada performans unggas

Inokulan fermentasi	Jumlah pemberian (%)	Pengaruh pada unggas	Sumber
<i>Aspergillus niger</i> NRRL 337	15	Tidak menimbulkan dampak negatif terhadap pertumbuhan, karkas dan organ dalam itik yang sedang tumbuh	Bintang et al. (1999)
<i>Aspergillus niger</i>	5	Memperbaiki FCR 5,9%, menurunkan lemak abdomen hingga 22% pada ayam	Ketaren et al. (1999)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	20	Tidak mengganggu performans ayam pedaging	Noferdiman (2011)
<i>Aspergillus wentii</i>	10	Memperbaiki FCR 2,5% pada ayam	Muangkeow & Chinajariyawong (2013)
<i>P. polymyxa</i> ATCC 842	15	Tidak berpengaruh pada pencernaan nutrisi, tinggi vili, <i>crypt depth</i> pada ayam	Alshelmani et al. (2016)
<i>Lentinus edodes</i>	24	Pertambahan bobot badan dan FCR tidak berbeda dengan control	Fernando (2017)

FCR: *Feed conversion ratio*/konversi pakan

Multienzim ini direkomendasikan dapat dipakai untuk mengurangi kandungan manan dalam bahan pakan, walaupun aktivitas mananase yang diperoleh sangat rendah (0,10 Unit/g). Perbedaan aktivitas mananase yang diproduksi oleh mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis mikroba, substrat atau medium yang digunakan, kondisi lingkungan saat fermentasi berlangsung (pH, suhu, lama inkubasi dan agitasi), cara ekstraksi dan isolasi enzim, proses, serta lama penyimpanan.

Mekanisme mananase dalam mendegradasi manan (Gambar 1) yaitu dengan cara memotong rantai panjang dan linier manan dengan ikatan  $\beta$ -1-4 mannose dan 1-6 galaktosa dan glukosa sehingga terurai menjadi senyawa sederhana, manosa.



**Gambar 1.** Kerja mananase dalam mendegradasi manan

**Sumber:** Moreira & Filho (2008)

Senyawa sederhana tersebut menjadi lebih mudah dicerna oleh enzim dalam saluran cerna dan kemudian diserap oleh dinding usus sehingga berdampak positif pada pencernaan dan performa ayam. Enzim xilanase bekerja mendegradasi NSP menjadi xilosa dan arabinosa di ileum, yeyunum dan duodenum yang berperan menurunkan viskositas sehingga pencernaan nutrisi meningkat (Zhang et al. 2014) dan berdampak positif pada performans ayam.

Balai Penelitian Ternak sudah memproduksi mananase yang diperoleh dari kapang *E. javanicum* (Pasaribu et al. 2009). Enzim ini diproduksi dalam fermentasi medium padat, yang kemudian diekstrak dalam beberapa tahap sehingga menghasilkan larutan mananase (Yopi et al. 2006). Ketika enzim ini ditambahkan dalam pakan mengandung BIS maka terjadi peningkatan energi metabolisme (ME) dan pencernaan (Chong et al. 2008), meningkatkan nilai *apparent metabolizable energy* (AME) (Sinurat et al. 2014). Selain mananase, penambahan enzim xilanase juga memperbaiki konversi pakan, AME dan meningkatkan daya cerna di ileum (Guo et al. 2014). Enzim selulase secara *in vitro* meningkatkan pencernaan bahan kering dan bahan organik limbah sagu (Zulkarnain et al. 2018), sehingga kemungkinan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas nutrisi BIS. Enzim campuran juga menghasilkan peningkatan nilai nutrisi ME (Abdollahi et al. 2016).

Enzim tunggal atau campuran berpengaruh terhadap performans ayam, sebagai contoh enzim tunggal BS4 yang dicampurkan dalam pakan ayam KUB cukup efektif untuk memperbaiki FCR (Sinurat et al. 2017). Xilanase yang ditambahkan dalam pakan ayam memberikan nilai positif pada bobot badan dan konversi pakan (Zhang et al. 2014). Penambahan Pokazyme PK516 200g/ton dalam ransum ayam umur 21 hari yang mengandung BIS 8% memperbaiki konversi pakan, sedangkan ransum yang mengandung 16% BIS, meningkatkan penggunaan energi (Abdollahi et al. 2016). Jadi secara umum bahwa penambahan enzim baik tunggal maupun campuran meningkatkan nilai nutrisi sehingga meningkatkan pula pencernaan yang berpengaruh positif pada performans ayam.

### PROSPEK PENGEMBANGAN BUNGKIL INTI SAWIT FERMENTASI SEBAGAI BAHAN PAKAN UNGGAS

Perunggasan di Indonesia semakin tahun semakin berkembang, dimana akan membutuhkan pakan yang semakin banyak. Kontribusi biaya pakan mencapai sekitar 60-70% dari biaya total produksi unggas. Kebutuhan terbesar pada unggas adalah energi dan protein dengan sumber utama jagung dan bungkil kedelai. Tingkat harga yang tinggi pada kedua bahan tersebut, mengharuskan mencari alternatif sebagai bahan pengganti yang lebih murah yang berasal dari Indonesia sehingga mampu mengeliminasi biaya. Salah satu komoditas yang punya peluang sebagai bahan pakan unggas adalah hasil samping inti sawit, yaitu BIS.

Jumlah BIS di Indonesia saat ini melimpah karena merupakan hasil samping dari produksi minyak sawit tetapi kebanyakan diekspor karena permintaan yang sangat tinggi dan nilai yang diperoleh sangat menjanjikan. Padahal prospek pengembangan BIS fermentasi sebagai bahan pakan unggas perlu didukung ketersediaan bahan dan teknologi. Dengan adanya teknologi fermentasi dan penambahan enzim yang bisa meningkatkan kualitas nutrisi maka BIS dapat digunakan sebagai bahan pakan unggas. Teknologi fermentasi dapat meningkatkan metabolisme energi, pencernaan dan memperbaiki konversi pakan. Seperti diuraikan di atas bahwa harga bungkil inti sawit 150-200 US dolar/ton, tapi harga BIS setelah difermentasi belum ada studi analisisnya.

Penggunaan BIS sebelum fermentasi bisa hingga 10% pada ternak tertentu, namun setelah difermentasi penggunaannya dapat dinaikkan menjadi 21% pada ayam pedaging dan 25% pada ayam petelur. Dengan kebutuhan pakan unggas sebesar 18,5 juta ton pada tahun 2017, maka BIS terfermentasi dapat dimanfaatkan 1,85-4,63 ton/tahun, artinya ekspor dapat

dikurangi atau bahkan dihindari bila ternak ruminan juga menggunakannya hingga 30%. Selain menggantikan jagung, Mirnawati et al. (2012) melaporkan pemakaian BIS yang difermentasi juga bisa menggantikan bungkil kedelai hingga 18% pada ayam pedaging. Oleh sebab itu, teknologi fermentasi perlu disosialisasikan pada peternak unggas atau pelaku usaha industri unggas, sehingga pemanfaatan BIS lebih maksimal dan tidak perlu diekspor.

### KESIMPULAN

Dengan teknologi fermentasi, protein bungkil inti sawit meningkat hingga 88% (13-15% menjadi 16-28%) dan serat kasar menurun hingga 28% (17 menjadi 12,21%). Penambahan enzim dapat meningkatkan nilai nutrisi metabolisme energi dari bungkil inti sawit. Bungkil inti sawit setelah fermentasi dapat digunakan hingga 21% pada ayam pedaging dengan respon meningkatkan efisiensi pakan, memperbaiki konversi pakan, menurunkan lemak abdomen dan menggantikan bungkil kedelai hingga 18%. Pada ayam petelur, penggunaan BIS fermentasi dapat mencapai 25%. Melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim pada bungkil inti sawit dapat meningkatkan kualitas bungkil inti sawit sebagai bahan pakan unggas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Aziz S, Ab-Razak NA, Musa MH, Hassan MA. 2009. Production of mannan-degrading enzymes from *Aspergillus niger* and *Sclerotium rolfsii* using palm kernel cake as carbon source. *Res J Env Sci.* 3:251-256.
- Abdollahi MR, Hosking BJ, Ning D, Ravindran V. 2016. Influence of palm kernel meal inclusion and exogenous enzyme supplementation on growth performance, energy utilization, and nutrient digestibility in young broilers. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 29:539-548.
- Alshelmani MI, Loh TC, Foo HL, Lau WH, Sazili AQ. 2014. Biodegradation of palm kernel cake by cellulolytic and hemicellulolytic bacterial cultures through solid state fermentation. *Sci World J.* 2014:1-8.
- Alshelmani MI, Loh TC, Foo HL, Sazili AQ, Lau WH. 2016. Effect of feeding different levels of palm kernel cake fermented by *Paenibacillus polymyxa* ATCC 842 on nutrient digestibility, intestinal morphology, and gut microflora in broiler chickens. *Anim Feed Sci Technol.* 216:216-224.
- Aman P, Graham H. 1990. Chemical evaluation of polysaccharides in animal feeds. In: Wiseman J, Cole DJA, editors. *Feedstuff evaluation.* Cambridge (UK): University Press. p. 161-177.
- Bintang IAK, Sinurat AP, Murtisari T, Pasaribu T, Purwadaria T, Haryati T. 1999. Penggunaan bungkil inti sawit dan produk fermentasinya dalam ransum itik sedang bertumbuh. *JITV.* 4:179-184.
- Buckle KA, Edwards RA, Flead GR, Wootton M. 1987. Ilmu pangan. Adiono, Purnomo, penyunting. Jakarta (Indonesia): UI Press.
- Carré B. 2002. Carbohydrate chemistry of the feedstuffs used for poultry. *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value.* McNab J, Boorma N, editors. New York (US): CABI Publishing.
- Chen WL, Liang JB, Jahromi MF, Ho YW, Abdullah N. 2013. Optimization of multi-enzyme production by fungi isolated from palm kernel expeller using response surface methodology. *BioResources.* 8:3844-3857.
- Chenost M, Kayouli C. 1997. Roughage utilization in warm climates. Rome (Italy): FAO Animal Production and Health Paper.
- Chin FY. 2002. Utilization of palm kernel cake as feed in Malaysia. *Asian Livest.* 26:19-26.
- Chong CH, Zulkifli I, Blair R. 2008. Effects of dietary inclusion of palm kernel cake and palm oil, and enzyme supplementation on performance of laying hens. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 27:1053-1058.
- Dairo FAS, Fasuyi AO. 2008. Evaluation of fermented palm kernel meal and fermented copra meal proteins as substitute for soybean meal protein in laying hens diets. *J Cent Eur Agric.* 9:35-44.
- Daskiran M, Teeter RG, Fodge D, Hsiao HY. 2004. An evaluation of endo- $\beta$ -D-mannanase (hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets varying in  $\beta$ -mannan content. *Poult Sci.* 83:662-668.
- Ditjenbun. 2017. Statistik perkebunan Indonesia. Kelapa sawit 2015-2017. Hendaryati DD, Arianto Y, penyunting. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Ditjen PKH. 2017. Kumpulan SNI pakan ternak. Jakarta (Indonesia): Direktorat Pakan Ternak, Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.
- Fan SP, Chia CH, Fang Z, Zakaria S, Chee KL. 2014. Deproteinated palm kernel cake-derived oligosaccharides: A preliminary study. *AIP Conf Proc* 1614. 2014:61-64.
- Fernando G. 2017. Pengaruh penggunaan bungkil inti sawit fermentasi *Lentinus edodes* terhadap performa broiler [Skripsi]. [Padang (Indonesia)]: Universitas Andalas.
- Ilyuyemi FB, Hanafi MM, Radziah O, Kamarudin MS. 2006. Fungal solid state culture of palm kernel cake. *Bioresour Technol.* 97:477-82.
- GPMT. 2017. Impor *feed wheat* bukan pengganti jagung. Kontan. <https://industri.kontan.co.id/news/gpmt-impor-feed-wheat-bukan-pengganti-jagung>



- Guo S, Liu D, Zhao X, Li C, Guo Y. 2014. Xylanase supplementation of a wheat-based diet improved nutrient digestion and mRNA expression of intestinal nutrient transporters in broiler chickens infected with *Clostridium perfringens*. *Poult Sci*. 93:94-103.
- Kemendag. 2014. Market brief 2014. Potensi ekspor produk bungkil inti sawit HS 2306 di pasar Thailand. Jakarta (Indonesia): Office of Commercial Attache Embassy of Republic of Indonesia Bangkok.
- Ketaren PP, Purwadaria T, Sinurat AP, Haryati T. 2012. Effect of fibre hydrolytic enzymes supplementation on performances of broiler chickens fed diets containing rice bran. *JITV*. 17:229-233.
- Ketaren PP, Sinurat AP, Zainuddin Z, Purwadaria T, KOMPIANG IP. 1999. Bungkil inti sawit dan produk fermentasinya sebagai pakan ayam pedaging. *JITV*. 4:107-112.
- Mathius IW, Sinurat AP, Manurung BP, Sitompul DM, Azmi. 2005. Pemanfaatan produk fermentasi lumpur-bungkil sebagai bahan pakan sapi potong. Dalam: Mathius IW, Bahri S, Tarmudji, Prasetyo LH, Triwulanningsih E, Tiesnamurti B, Sendow I, Suhardono, penyunting. Inovasi teknologi peternakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dalam mewujudkan kemandirian dan ketahanan pangan nasional. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner Bogor, 12-13 September 2005. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 153-161.
- Mirawati, Djulardi A, Marlida Y. 2014. Improving the quality of palm kernel cake through fermentation by *Eupenicillium javanicum* as poultry ration. *Pakistan J Nutr*. 12:1085-1088.
- Mirawati, Latif SA, KOMPIANG IP. 2012. Respon *broiler* terhadap pemanfaatan bungkil inti sawit fermentasi dalam ransum. *J Embrio*. 5:61-68.
- Mirawati, Rizal Y, Marlida Y, KOMPIANG IP. 2010. The role of humic acid in palm kernel cake fermented by *Aspergillus niger* for poultry ration. *Pakistan J Nutr*. 9:182-185.
- Moreira LRS, Filho EXF. 2008. An overview of mannan structure and mannan-degrading enzyme systems. *Appl Microbiol Biotechnol*. 79:165-178.
- Muangkeow N, Chinajariyawong C. 2013. Diets containing fermented palm kernel meal with *Aspergillus wentii* TISTR 3075 on growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. *Walailak J Sci Technol*. 10:131-147.
- Muchtadi TR. 1989. Teknologi proses pengolahan pangan. Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor.
- Noferdiman. 2011. Penggunaan bungkil inti sawit fermentasi oleh jamur *Pleurotus ostreatus* dalam ransum terhadap performans ayam broiler. *J Ilmu-Ilmu Peternakan*. 14:35-43.
- Nuraini, Trisna A. 2006. Respon *broiler* terhadap ransum yang mengandung bungkil inti sawit fermentasi dengan *Penicillium* sp. *J Agri Bisnis Pet*. 2:45-48.
- Pasaribu T. 2010. Evaluasi fisikokimia bungkil inti sawit terfermentasi oleh koktail mikroba. [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Pasaribu T, Purwadaria T, Sinurat AP, Rosida J, Saputra DOD. 2001. Evaluasi nilai gizi lumpur sawit hasil fermentasi dengan *Aspergillus niger* pada berbagai perlakuan penyimpanan. *JITV*. 6:224-229.
- Pasaribu T, Sinurat AP, Purwadaria T, Ketaren P. 2009. Peningkatan nilai gizi *solid heavy phase* sebagai pengganti jagung dalam pakan unggas. *JITV*. 3:167-176.
- Perez JF, Gernat AG, Murillo JG. 2000. The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets. *Poult Sci*. 79:77-79.
- Prescott LM, Harley JP, Klein DA. 2004. Microbiology. 6th ed. New York (US): McGraw-Hill Science
- Puastuti W, Yulistiani D, Susana IWR. 2014. Evaluasi nilai nutrisi bungkil inti sawit yang difermentasi dengan kapang sebagai sumber protein ruminansia. *JITV*. 19:143-151.
- Purwadaria T, Haryati T, Frederick E, Tangendjaja B. 2003. Optimasi produksi  $\beta$ -mannanase pada kultur terendam *Eupenicillium javanicum* serta penentuan karakterisasi pH dan suhu enzim. *JITV*. 8:46-54.
- Sae-Lee N. 2011. The production of fungal mannanase, cellulase and xylanase using palm kernel meal as a substrate. *Walailak J Sci Technol*. 4:67-82.
- Saenphoom P, Liang JB, Ho YW, Loh TC, Rosfarizan M. 2013. Effects of enzyme treated palm kernel expeller on metabolizable energy, growth performance, villus height and digesta viscosity in broiler chickens. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 26:537-544.
- Sari L, Purwadaria T. 2004. Pengkajian nilai gizi hasil fermentasi mutan *Aspergillus niger* pada substrat bungkil kelapa dan bungkil inti sawit. *Biodiversitas*. 5:48-51.
- Seftiono H. 2017. Penentuan aktivitas enzim mannanase dari berbagai mikroorganisme di Indonesia dan peranannya dalam bidang pangan: Kajian Pustaka. *Agrointek*. 11:14-20.
- Sharmila A, Alimon AR, Azhar K, Noor H., Samsudin AA. 2014. Improving nutritional values of palm kernel cake (PKC) as poultry feeds: A review. *Malaysian J Anim Sci*. 17:1-18.
- Sihite M, Pakpahan P. 2015. Pengaruh pemberian probiotik campuran *Streptococcus thermophilus* dan *Bacillus cereus* dalam air minum terhadap bobot badan dan pertambahan bobot badan mingguan itik Magelang jantan. *J Ilmu-Ilmu Peternakan*. 18:8-13.
- Sindu A. 1999. Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai pakan ternak. *J Sains Teknol*. 1:82-86.

- Sinurat AP, Hidayat C, Haryati T, Wardhani T, Sartika T. 2017. Pemberian enzim BS4 untuk meningkatkan performa ayam KUB masa pertumbuhan. Dalam: Puastuti W, Muharsini S, Inounu I, Tiesnamurti B, Kusumaningtyas E, Wina E, Herawati T, Hartati, Hutasoit R, penyunting. Teknologi Peternakan dan Veteriner Mendukung Diversifikasi Sumber Protein Asal Ternak. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 8-9 Agustus 2017. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 400-406.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Habibie A, Pasaribu T, Hamid H, Rosida J, Haryati T, Sutikno I. 1998. Nilai gizi bungkil kelapa terfermentasi dalam ransum itik petelur dengan kadar fosfor yang berbeda. JITV. 3:15-21.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Haryati T. 2016. Pengujian efektivitas enzim BS4 terhadap performan ayam petelur yang diberi jenis bahan pakan yang berbeda. JITV. 21:1-8.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Ketaren PP, Pasaribu T. 2014. Substitution of soybeanmeal with enriched palm kernel meal in laying hens diet. JITV. 19:184-192.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Pasaribu T. 2013. Peningkatan nilai gizi bungkil inti sawit dengan pengurangan cangkang dan penambahan enzim. JITV. 18:34-41.
- Stansbury PF, Whitaker A, Hall SJ. 1997. Principles of fermentation technology. Oxford (UK): Pergamon Press.
- Sukaryana Y, Atmomarsono U, Yunianto VD, Supriyatna E. 2010. Bioconversions of palm kernel cake and rice bran mixtures by *Trichoderma viride* toward nutritional contents. J Sci Eng. 1:27-32.
- Supriyati, Pasaribu T, Hamid H, Sinurat AP. 1998. Solid state fermentation of palm kernel meal by using *Aspergillus niger*. JITV. 3:165-170.
- Tannenbaum. 1985. Non photosyntetic single cell protein. In: Protein Resources and Technology. Status and Research Needs. AVI Publishing Company.
- Yopi, Purnawan A, Thontowi A, Hermansyah H, Wijanarko A. 2006. Preparasi mannan dan mannanase kasar dari bungkil kelapa sawit. J Teknol. 4:312-319.
- Zhang L, Xu J, Lei L, Jiang Y, Gao F, Zhou GH. 2014. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility and non-starch polysaccharide degradation in different sections of the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-Based diets. Asian-Australasian J Anim Sci. 27:855-861.
- Zulkarnain D. 2018. Evaluasi potensi ampas sagu (*Metroxylon* sp) yang ditambahkan enzim selulase sebagai sumber pakan lokal ayam *broiler* [Disertasi]. [Yogyakarta (Indonesia)]: Universitas Gajah Mada.