

Beberapa Fungsi *Rhizopus* sp dalam Meningkatkan Nilai Nutrisi Bahan Pakan

(Several Functions of *Rhizopus* sp on Increasing Nutritional Value of Feed Ingredient)

Dwi Endrawati dan E Kusumaningtyas

Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114
d.endrawati@gmail.com

(Diterima 1 Desember 2016 – Direvisi 22 Mei 2017 – Disetujui 29 Mei 2017)

ABSTRACT

Rhizopus sp is a type of fungi which easily grow in the soil, fruit, vegetables and fermented food. This paper describes some functions of *Rhizopus* sp on increasing nutritional value of feed ingredient and possibility of its application in Indonesia. *Rhizopus* mold has been known in Indonesia especially for *tempe* production for food. Research about *Rhizopus* sp gives knowledge for utilizing *Rhizopus* sp for other functions. *Rhizopus* sp is able to inhibit the growth of toxigenic fungus, *Aspergillus flavus* and to degrade aflatoxin. *Rhizopus* sp also produces compounds which are able to inhibit pathogenic bacteria and acts as antioxidant. *Rhizopus* sp absorbs some minerals and changes them to become organic minerals hence it increases mineral absorption by the body. Utilization of feed fermented by *Rhizopus* sp in livestock showed better result compared to non fermented feed. *Rhizopus* sp is also very potential to be applied as feed additive for livestock.

Key words: *Rhizopus* sp, feed additive, livestock

ABSTRAK

Rhizopus sp merupakan kapang yang mudah tumbuh dalam tanah, buah dan sayuran serta produk olahan terfermentasi. Tulisan ini menguraikan beberapa fungsi *Rhizopus* sp dalam meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan dan kemungkinan aplikasinya di Indonesia. Kapang *Rhizopus* sp sudah lama dikenal di Indonesia terutama untuk pembuatan tempe. Beberapa penelitian mengenai *Rhizopus* sp membuka peluang pemanfaatan *Rhizopus* sp untuk fungsi-fungsi lain. Kapang *Rhizopus* sp dapat menekan pertumbuhan kapang toksigenik *Aspergillus flavus* dan mendegradasi aflatoksin. *Rhizopus* sp juga dapat menghasilkan senyawa yang dapat menghambat bakteri patogen dan berfungsi sebagai antioksidan. *Rhizopus* sp menyerap beberapa unsur mineral dan mengubahnya menjadi mineral organik sehingga dapat meningkatkan penyerapan mineral di dalam tubuh dengan lebih baik. Pemanfaatan bahan pakan hasil fermentasi oleh *Rhizopus* sp pada ternak memperlihatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa fermentasi. *Rhizopus* sp juga sangat potensial untuk diaplikasikan sebagai pakan imbuhan untuk ternak.

Kata kunci: *Rhizopus* sp, imbuhan pakan, ternak

PENDAHULUAN

Rhizopus sp banyak dikenal masyarakat karena kegunaannya dalam memfermentasi kedelai menjadi tempe. Kapang ini termasuk dalam Genus *Rhizopus*, Famili Mucoraceae, Ordo Mucorales, Kelas Zygomycetes. Koloni *Rhizopus* sp berwarna keputihan dan menjadi abu-abu kecokelatan dengan bertambahnya usia biakan, serta mencapai tinggi kurang lebih 10 mm. Ada bermacam-macam spesies dari genus *Rhizopus*, diantaranya *R. arrhizus*, *R. microspores*, *R. oligosporus*, *R. oryzae*, *R. stolonifer*. *Rhizopus* sp adalah fungi kosmopolitan yang banyak ditemukan di tanah, buah dan sayuran, serta produk olahan berfermentasi. *Rhizopus* sp merupakan kapang

yang penting sebagai penghasil berbagai enzim seperti amilase, protease dan lipase. Aplikasi yang umum dikembangkan di masyarakat adalah pemanfaatan *Rhizopus oligosporus* untuk memfermentasi kedelai yang dapat meningkatkan nilai gizi produk dan dapat berguna bagi kesehatan ternak (Bujang & Taib 2014). Sejauh ini belum ditemukan pustaka yang menyebutkan adanya toksin yang diproduksi oleh *Rhizopus* sp.

Masalah bahan pakan yang berkualitas rendah karena tingginya serat kasar dan lignin menyebabkan pertumbuhan ternak yang tidak maksimal (Belewu & Popoola 2007; Zaman et al. 2013). Hal ini dapat ditingkatkan melalui fermentasi dengan beberapa fungi diantaranya *Rhizopus* (Pasaribu 2007). Selain masalah

rendahnya kualitas bahan pakan, ada beberapa masalah lain dalam bahan pakan ternak atau ternak itu sendiri yang menghambat pertumbuhan ternak. Adanya senyawa toksin yang dihasilkan oleh tanaman itu sendiri atau yang dihasilkan oleh kapang yang mengkontaminasi bahan pakan selama penyimpanan (Ahmad 2009) dapat menyebabkan masalah pada pertumbuhan ternak yang mengkonsumsi bahan pakan tersebut. Penyerapan nutrisi atau mineral yang kurang optimal dapat menyebabkan pertumbuhan ternak yang kurang optimal. Beberapa masalah tersebut dapat diselesaikan dengan beberapa cara diantaranya yaitu dengan penggunaan *Rhizopus* sp. Oleh sebab itu, tulisan ini bertujuan memaparkan beberapa fungsi *Rhizopus* sp yang menguntungkan untuk meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan.

***Rhizopus* sp SEBAGAI PENGENDALI *Aspergillus flavus* DAN AFLATOKSIN**

Aspergillus flavus adalah kapang yang tumbuh secara saprofit dan keberadaannya tersebar luas di daerah beriklim tropis. Secara makroskopis *A. flavus* berwarna kuning kehijauan sampai hijau tua, dengan permukaan bervariasi dari halus sampai sangat kasar (Carbone et al. 2007). Kapang ini menjadi sangat penting dalam industri pertanian karena kemampuannya untuk menghasilkan aflatoksin yang dapat mengkontaminasi produk pertanian termasuk bahan pakan. Hampir semua produk pertanian seperti kacang-kacangan, jagung, beras dan hasil olahannya dapat terkontaminasi aflatoksin. Aflatoksin termasuk senyawa toksin yang mematikan dan karsinogenik bagi manusia dan hewan. Terdapat enam jenis aflatoksin yaitu B1, B2, G1, G2, M1 dan M2. Rumus kimia dari Aflatoksin B1 adalah $C_{17}H_{12}O_6$. Aflatoksin B1 adalah yang paling berbahaya dan pengaruhnya meningkat apabila hadir bersama-sama dengan aflatoksin B2, G1 dan G2. Aflatoksin B2 memiliki rumus kimia $C_{17}H_{14}O_6$. Aflatoksin G1 memiliki rumus kimia $C_{17}H_{12}O_7$ dan aflatoksin G2 memiliki rumus kimia $C_{17}H_{14}O_7$. Aflatoksin M1 dan M2 merupakan produk metabolit dari aflatoksin B1 dan aflatoksin B2 yang dikonsumsi oleh ternak yang memakan pakan terkontaminasi aflatoksin B1 dan B2 sehingga menghasilkan produk ternak terutama susu yang terkontaminasi aflatoksin M1 dan M2.

Pada unggas adanya aflatoksin dapat menurunkan berat badan dan produksi telur. Aflatoksin juga dapat terdeposit pada daging dan menjadi residu (Carbone et al. 2007). Sebagai pengendali *A. flavus* dan aflatoksin, *Rhizopus* sp bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan kapang *A. flavus* dan/atau menurunkan konsentrasi aflatoksin yang sudah terbentuk. *Rhizopus* sp juga dapat menghambat pertumbuhan kapang *A. flavus* melalui mekanisme kompetisi dan

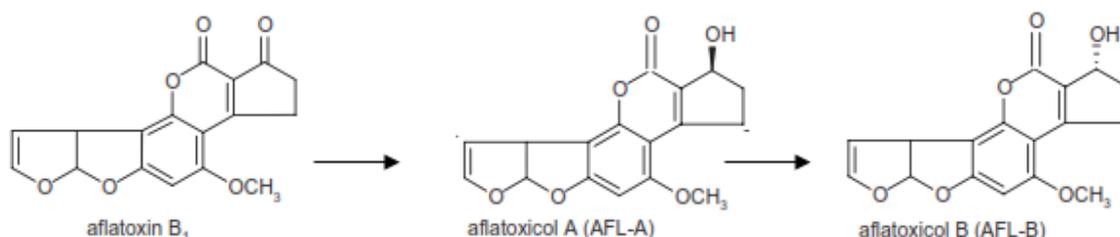
kemampuannya untuk menghasilkan metabolit yang menghambat pertumbuhan kompetitor (Kusumaningtyas et al. 2006). Kapang *R. arrhizus* memproduksi metabolit seperti etanol, isobutilalkohol dan 3-metil butanol yang dapat menghambat pertumbuhan *A. flavus* (Lanciotti & Guerzoni 1993). Selain metabolit tersebut, *Rhizopus oligosporus* menghasilkan protease yang dapat memecah protein menjadi peptida untuk menghambat pertumbuhan *A. flavus* (Kobayasi et al. 1992). Kompetisi juga dapat terjadi karena *Rhizopus* berkembang sangat cepat sehingga menekan pertumbuhan *A. flavus*. Kusumaningtyas et al. (2006) dalam penelitiannya melaporkan bahwa ketika *A. flavus* dan *R. oligosporus* diinokulasikan bersama-sama pada pakan, pertumbuhan *A. flavus* menjadi terhambat sehingga produksi aflatoksin menjadi berkurang.

Selain dapat menghambat pertumbuhan kapang *A. flavus* dan menurunkan produksi aflatoksin, *Rhizopus* juga dapat menurunkan toksisitas aflatoksin. *Rhizopus oryzae* dapat memproduksi enzim yang mampu menurunkan konsentrasi hingga 100% untuk aflatoksin B1, B2 dan G1 dalam waktu 96 jam serta aflatoksin B1, B2, G1, G2 dan M1 dalam waktu 120 jam (Hackbart et al. 2014). Perubahan atau biotransformasi aflatoksin menjadi senyawa non-toksik dapat terjadi akibat aktivitas enzim tertentu (enzim peroksidase seperti enzim laccase) yang dihasilkan oleh miselium *Rhizopus* (Guan et al. 2011). Kemampuan transformasi aflatoksin oleh *Rhizopus* cukup tinggi bahkan spesies *R. oryzae* mampu mentransformasi aflatoksin B1 menjadi senyawa non-toksik hingga 84% selama lima hari dalam kondisi biakan sel mati. Perubahan aflatoksin menjadi senyawa non-toksik tersebut diduga disebabkan oleh terbukanya cincin difuran pada aflatoksin B1 (Guan et al. 2011).

Rhizopus dapat mengubah aflatoksin B1 menjadi aflatoksikol dengan mereduksi *cyclopentenone carbonyl* dari aflatoksin B1. Kapang tersebut mengubah aflatoksin B1 (AF-B1) menjadi aflatoksikol A (AFL-A), kemudian AFL-A diubah menjadi aflatoksikol B (AFL-B, Gambar 1) melalui komponen medium atau asam organik yang diproduksi *Rhizopus* (Wu et al. 2009).

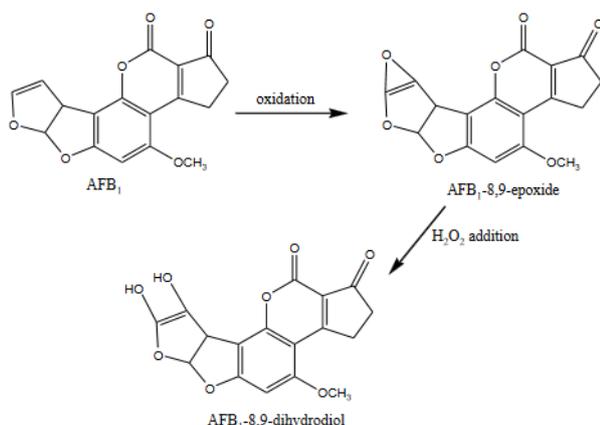
Penurunan toksisitas aflatoksin oleh *Rhizopus* sp. dapat terjadi karena aktivitas enzim peroksidase. Keberadaan enzim ini menyebabkan aflatoksin menjadi lebih polar sehingga berkurang toksisitasnya (Wang et al. 2011) (Gambar 2).

Beberapa macam enzim dari mikroorganisme lain dapat mendegradasi aflatoksin (Tabel 1, Guan et al. 2011). Beberapa diantaranya juga dihasilkan oleh *Rhizopus* sp seperti peroksidase tetapi informasi tentang peroksidase spesifik *Rhizopus* sp dalam aktivitasnya untuk mendegradasi aflatoksin belum didapatkan. Meskipun demikian, mengingat struktur



Gambar 1. Skema perubahan aflatoksin B1 menjadi aflatoksikol A dan B yang kurang toksik oleh *Rhizopus* sp

Sumber: Wu et al. (2009) yang dimodifikasi



Gambar 2. Degradasi aflatoksin oleh enzim peroksidase

Sumber: Wang et al. (2011)

persamaan peroksidase maka dimungkinkan peroksidase *Rhizopus* sp mempunyai kemampuan yang sama dengan peroksidase *Aspergillus parasiticus* (Guan et al. 2011). Manfaat *Rhizopus* sp dalam mereduksi aflatoksin ini sering diaplikasikan di masyarakat dalam bentuk fermentasi terhadap biji-bijian. Penelitian yang dilakukan oleh Rubak et al. (2008) menunjukkan bahwa fermentasi kacang tanah (*Arachis hypogea*) sebagai bahan pembuat bumbu pecel menggunakan *R. oligosporus* MK-1 menurunkan kadar aflatoksin B1 sekitar 87,02% selama dua hari proses fermentasi. Proses fermentasi ini juga tidak menunjukkan adanya perubahan sifat sensoris dari kacang tanah sebagai bumbu pecel.

Rhizopus yang diaplikasikan pada pakan terbukti dapat menurunkan residu aflatoksin B1 dan M1 pada bebek. Aplikasi *Rhizopus* sebanyak 1,5 g/kg pakan mampu menurunkan residu aflatoksin B1 pada hati bebek pada tingkat yang tidak terdeteksi dibandingkan dengan itik tanpa perlakuan dengan residu aflatoksin B1 0,0184 ppb. Residu aflatoksin M1 pada hati bebek juga lebih rendah pada bebek yang diberi imbuhan pakan *Rhizopus* yaitu 0,0021 ppb dari 0,0035 ppb pada bebek dengan pakan tanpa imbuhan inokulum *Rhizopus* (Kusumaningtyas et al. 2006). Selain mendegradasi racun aflatoksin, *Rhizopus* sp dapat memecah alkaloid

atau racun yang terkandung dalam biji jarak pagar, yaitu *lectin/curcin*, *phorbolester/diterpene esters*, tanin, fitat, saponin dan anti-trypsin (Wina et al. 2012). Setelah difermentasi dengan *R. oligosporus*, kadar lemak dan antitripsin akan berkurang walaupun masih mengandung serat kasar dan asam fitat (Sumiati et al. 2011).

***Rhizopus* sp SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN DAN ANTIMIKROBA**

Salah satu produk olahan dari kedelai yang difermentasi oleh kapang *Rhizopus* sp adalah tempe. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa ekstrak tempe menunjukkan pengujian yang positif sebagai antibakteri terhadap *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus* (Mambang et al. 2014). Terbentuknya aktivitas antibakteri pada tempe terjadi saat proses fermentasi oleh kapang *Rhizopus* sp Meskipun senyawa antibiotik yang dihasilkan tidak termasuk dalam kategori antibiotik spektrum luas tetapi efektif untuk bakteri kelompok *Bacillus* (Kobayasi et al. 1992).

Pada kasus diare anak babi yang disebabkan oleh bakteri *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC) menunjukkan bahwa anak babi yang diberi pakan tempe lebih rendah kejadian diarenya dibandingkan dengan yang diberi pakan kedelai rebus tanpa proses fermentasi (van den Hil et al. 2010a). Perbedaan ini disebabkan karena kedelai yang terfermentasi dengan *Rhizopus microsporus* menghasilkan asam laktat yang bersifat antagonis terhadap ETEC. Pada uji secara *in vitro* kedelai yang difermentasi dengan *R. microsporus* dapat menghambat adhesi ETEC. Ekstrak tempe dapat menghambat pertumbuhan sel maupun spora bakteri penyebab *food borne disease*, *Bacillus cereus* (van den Hil et al. 2010b). *Rhizopus oligosporus* dilaporkan dapat meningkatkan *total tract digestible coefficient* (TTDC) dan *digestibility energy* (DE) pada anak babi (van Sambeek et al. 2012). Di lapangan, penggunaan tempe ataupun tepung tempe sebagai pakan ternak dinilai bagus dan ekonomis karena selain harganya yang lebih murah dan mudah didapat, hasil dari proses fermentasi ini menghasilkan enzim-enzim pencernaan

Tabel 1. Beberapa enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang dapat mendegradasi aflatoksin

Enzim	Aktivitas (%)	Kondisi	Asal
Peroksidase	26-37	2840 U/g, 28°C, 96 jam	<i>Aspergillus parasiticus</i>
<i>Laccase</i>	87,34	1 U/ml	<i>Trametes versicolor</i>
	40,45	496 U/l	<i>Peniophora sp</i>
	35,90	416,39 U/l	<i>Pleurotus ostreatus</i>
<i>Laccase</i> rekombinan	55	118 U/l ,30°C, 72 jam	<i>Aspergillus niger</i>
Laktoperoksidase	3,6-5,1	5-500 U/ml, 24 jam	<i>Aspergillus parasiticus</i>

U: Unit; Da: Dalton

Sumber: Guan et al. (2011)

seperti amilase, protease dan lipase yang dapat memecah senyawa kompleks menjadi senyawa yang sederhana dan mudah diserap oleh tubuh. Proses fermentasi tempe juga menghasilkan senyawa antibiotik, hal ini memberi keuntungan pada peternak sehingga tidak perlu menambahkan antibiotik sebagaimana pada pakan komersial.

Selain memfermentasi kedelai menjadi tempe, *Rhizopus* sp bisa juga digunakan untuk memfermentasi dedak padi. Dedak dari kulit padi mengandung 11-13% protein, sekitar 11% serat dan 20% dari beratnya adalah minyak dan juga mengandung antioksidan (Oliveira et al. 2011). Antioksidan adalah senyawa yang dapat memperlambat proses oksidasi, melindungi sel dari bahaya radikal bebas. Asam fenolat yang berasal dari dedak padi dan dedak yang difermentasi telah diteliti mampu mereduksi radikal bebas 1,1-difenil-2-pikrihidrazil (DPPH) dan mampu menghambat enzim peroksidase dan oksidasi polifenol (Schmidt et al. 2014). Senyawa fenolat dapat terbentuk dari dua cara yaitu berasal dari dekomposisi ikatan antara lignin, selulosa dan hemiselulosa atau berasal dari produksi bagian dari minyak dedak padi (Pourali et al. 2010). Pada proses fermentasi dedak, peningkatan kandungan asam fenolat disebabkan oleh pemecahan kompleks senyawa penyusun dinding sel kulit padi dengan lignin (Schmidt & Furlong 2012). Kapang memiliki dua sistem enzimatik ekstraseluler yaitu yang pertama sistem hidrolitik yang bertanggungjawab untuk mendegradasi polisakarida dan oksidatif. Kedua, sistem lignolitik ekstraseluler yang menurunkan lignin dan membuka cincin fenil sehingga meningkatkan kandungan fenolat bebas (Sánchez 2009).

Schmidt et al. (2014) dalam penelitiannya membuktikan bahwa fermentasi dedak padi menggunakan *R. oryzae* dapat meningkatkan kandungan fenolat bebas lebih dari 100% (kandungan awal 33 mg/g dedak padi menjadi 765 mg/g dedak padi terfermentasi). Ekstrak fenolat dari fermentasi dedak padi menunjukkan daya hambat yang lambat terhadap radikal bebas DPPH dan sangat potensial untuk menghambat enzim peroksidase. Penggunaan dedak

padi sebagai pakan ternak sudah lama dilakukan oleh masyarakat dengan penambahan kapang *Rhizopus* sp diharapkan akan menambah nilai guna dedak padi tersebut sebagai antimikroba dan antioksidan bagi ternak. *Rhizopus* sp mempunyai enzim protease yang mampu mengubah protein tersebut menjadi peptida yang bersifat bioaktif seperti sebagai antimikroba dan antibiotik. Antioksidan diperlukan sebagai tambahan pakan bagi ternak terutama untuk mengikat radikal bebas, sedangkan antibiotik dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang mengkontaminasi pakan sehingga tidak menginfeksi ternak.

Pada proses fermentasi pakan ternak dapat digunakan kapang jenis *R. oligosporus*, *R. oryzae*, *R. stolonifer* atau *R. arrhizus*. Kapang tersebut biasa dikenal dengan nama ragi tempe, laru atau usar. Para peternak bisa memanfaatkan limbah dari proses pembuatan tahu tempe seperti kulit kedelai maupun ampas tahu yang difermentasi dengan kapang *Rhizopus* sp untuk pakan ternak.

***Rhizopus* sp MENINGKATKAN KUALITAS NUTRISI PAKAN TERNAK**

Pakan merupakan salah satu faktor utama yang sangat penting dalam pertumbuhan ternak, karena itu harus memenuhi syarat-syarat tertentu baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Konsumsi pakan yang tinggi sangat berpotensi dalam meningkatkan berat badan ternak. Peningkatan citarasa dan nutrisi yang terkandung dalam pakan akan meningkatkan performans ternak karena ternak akan lebih sehat dan memiliki daya tahan tubuh yang lebih baik. Ternak yang sehat tidak akan membuang banyak energi untuk melawan penyakit sehingga lebih banyak energi yang tersedia untuk menambah berat badan dan berproduksi.

Masyarakat pada umumnya masih memberi pakan ternaknya dengan hijauan segar atau yang dilayukan dan hanya sedikit peternak yang memanfaatkan produk samping agroindustri terfermentasi dari onggok dan kulit ari biji kedelai, dedak padi, bekatul, jerami padi,

kulit singkong, kulit kedelai dan kulit kopi sebagai bahan penyusun ransum untuk ternaknya. Permasalahan yang sering dihadapi antara lain saat sulit mencari rumput/hijauan karena musim kemarau dan tingginya kandungan serat kasar pada produk samping agroindustri tersebut membuat tingkat pencernaan pakan menjadi rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai nutrisi pakan ternak dari produk samping agroindustri adalah dengan melakukan fermentasi dengan *Rhizopus* sp. Pemanfaatan bahan pakan ternak dari produk samping agroindustri dapat mengurangi biaya pakan.

Berbagai penelitian dilakukan untuk mengkaji manfaat *Rhizopus* sp dan pemanfaatannya untuk digunakan sebagai imbuhan pakan ternak, hal ini berkaitan dengan manfaat *Rhizopus* sp yang dapat meningkatkan nilai guna pakan tersebut bagi ternak. Keuntungan dari proses fermentasi pakan ternak dengan *Rhizopus* sp adalah menurunkan faktor antinutrisi, meningkatkan citarasa, aroma, tekstur dan kecernaan, peningkatan nilai gizi seperti peningkatan kandungan asam amino dalam pakan, pemunculan senyawa antibakteri, antioksidan, antimikroba, antiaflatoksin, pereduksi logam berat yang kemungkinan ada dalam pakan ternak (van den Hil et al. 2010b). Penelitian yang dilakukan oleh Stephanie & Purwadaria (2013) menunjukkan bahwa produk fermentasi kulit singkong menggunakan *Rhizopus* sp meningkatkan kadar asam amino lisin, threonin, prolin, campuran sistein dan glisin, campuran metionin dan triptofan masing-masing meningkat 71, 141, 157, 90 dan 77%. Kadar total asam amino meningkat 147%. Keseluruhan asam amino esensial akan berpengaruh pada kenaikan bobot unggas, bila digunakan sebagai pakan unggas.

Rhizopus sp merupakan kapang yang dapat menghasilkan enzim protease (Hsiao et al. 2014). Protease disebut juga sebagai peptidase atau proteinase, yaitu enzim yang mengkatalisis hidrolisis ikatan peptida menjadi oligopeptida pendek dan asam amino bebas (López-Otín & Bond 2008). Peptida dan asam amino bebas tersebut lebih mudah diserap tubuh dibandingkan dengan rantai panjang protein. Beberapa peptida juga bersifat bioaktif yang dapat meningkatkan kesehatan ternak karena dapat berfungsi sebagai antimikroba, antiinflamasi dan imunomodulator. Salah satu enzim protease yang dihasilkan oleh *R. oryzae* adalah aspartat protease yang memiliki berat molekul 30-45 kDa. Aspartat protease banyak digunakan pada pengolahan makanan komersial untuk meningkatkan rasa dan kandungan nutrisinya (Hsiao et al. 2014). Pada proses fermentasi, protease *R. oligosporus* memiliki aktivitas proteolitik yang tinggi dan tidak memproduksi toksin (Rauf et al. 2010). Protease dapat memecah molekul protein kompleks yang terdiri dari asam amino-asam amino yang diikat dalam peptida. Enzim

protease dari mikroba seperti *Rhizopus* sp juga dapat digunakan sebagai suplemen untuk membantu pencernaan makanan. Keuntungan penggunaan enzim dari fungi biasanya hanya diperlukan dosis yang kecil dengan kisaran pH yang luas yaitu antara 5,2-8. Enzim pencernaan pada hewan seperti enzim pankreas dapat bekerja sinergi dengan enzim yang berasal dari kapang (Roxas 2008). van Sambeek et al. (2012) melaporkan bahwa *R. oligosporus* diperbanyak menggunakan media berupa produk samping pembuatan etanol dari biji-bijian yang disebut *distiller dried grain* (DDG). Miselium dipanen sebagai pelet dan dapat digunakan untuk meningkatkan TTDC dan DE pada anak babi. Tidak ada efek samping yang terdeteksi akibat konsumsi *Rhizopus* sp tersebut pada anak babi.

Ampas kedelai sering digunakan sebagai pakan ternak yang memiliki beberapa kekurangan diantaranya kandungan serat kasar yang sulit dicerna ternak dan kadar airnya yang tinggi sehingga menyebabkan daya simpannya menjadi lebih pendek. Kemampuan kapang *Rhizopus* sp dalam memecah protein dapat mengurangi kandungan serat kasar pada ampas kedelai sehingga mudah dicerna oleh ternak (van den Hil et al. 2010b). Fermentasi *R. oligosporus* pada kedelai selama 24 jam dapat meningkatkan total asam amino dari 12,07 g/100 g kedelai menjadi 22,35 g/100 g pada kedelai terfermentasi (meningkat hingga 53%) (Bujang & Taib 2014).

Dalam penelitiannya, Pothiraj & Eyini (2007) menunjukkan manfaat *R. stolonifera* dalam memfermentasi limbah olahan singkong. Kandungan protein meningkat secara gradual dari 31,3 mg/g sebelum fermentasi menjadi 89,4 mg/g pada hari kedelapan fermentasi. Fermentasi limbah serbuk gergaji dengan *R. oligosporus* yang diberikan pada kambing kerdil Afrika Barat (*West African Dwarf goat*) menunjukkan hasil yang menjanjikan (Belewu & Popoola 2007). Dalam penelitian ini, limbah kayu (serbuk gergaji) difermentasikan dan dicampurkan sebagai imbuhan pakan sebesar 20-25%. Selama 196 hari pemberian pakan pada kambing menunjukkan peningkatan pertambahan bobot badan dan konsumsi pakan. Analisis kualitas nutrisi dari serbuk gergaji yang difermentasikan ini menunjukkan kadar protein kasar yang lebih tinggi ($P < 0,05$) dan kandungan serat kasar dan lignin yang lebih rendah ($P < 0,05$). Peningkatan protein kasar dari 10,09% pada diet pakan serbuk gergaji tanpa fermentasi menjadi 13,43% dan 14,89% pada diet pakan yang mengandung 20-25% serbuk gergaji setelah difermentasi, serat kasar mengalami penurunan dari 13,73% pada diet pakan serbuk gergaji tanpa fermentasi menjadi 11,58% dan 7,76% pada diet pakan yang mengandung 20-25% serbuk gergaji yang telah difermentasi, lignin mengalami penurunan dari 9,01%, pada diet pakan dengan tambahan 20% serbuk gergaji tanpa fermentasi menjadi 7,08% dan 6,45%

pada diet pakan yang mengandung 20-25% serbuk gergaji yang sudah difermentasi. Penelitian ini menunjukkan potensi *R. oligosporus* dalam pemanfaatan limbah agroindustri untuk pakan ternak.

Rhizopus sp juga dapat digunakan untuk mengubah mineral seperti Fe, Zn dan Cr dari bentuk anorganik menjadi organik yang lebih aman dan lebih mudah diserap oleh tubuh. *Rhizopus* mampu mengubah Cr VI yang toksik dan mudah mengalami oksidasi menjadi bentuk Cr III yang lebih aman karena lebih stabil (Liu et al. 2012). Cr VI berubah menjadi Cr III karena adanya kontak dengan elektron donor pada biomasa *Rhizopus* (Joutey et al. 2015). Pada penambahan Cr dalam diet, sebaiknya dalam bentuk organik karena tidak toksik dan dapat diabsorpsi dengan baik oleh tubuh (25-30%). Penambahan Cr dalam diet berguna terutama untuk meningkatkan imunitas dan mengurangi stres hewan selama transportasi (Tanuwiria et al. 2011). Penambahan Cr organik selama pertumbuhan dalam periode penggemukan sapi sebanyak 0,2 ppm terbukti dapat meningkatkan berat karkas yaitu 315 kg, sedangkan karkas kontrol tanpa penambahan Cr organik 302 kg (Pollard et al. 2002). Penambahan Cr organik dapat meningkatkan produksi susu pada sapi dari 31,1 kg/hari menjadi 33,4 kg/hari (Besong et al. 1996).

Tambahan mineral seperti Cr dan Zn organik dapat dibuat dengan memfermentasi bahan pakan seperti dedak yang telah diperkaya dengan Cr atau Zn anorganik kemudian difermentasi dengan menggunakan *Rhizopus*. Pada Cr, fermentasi oleh *R. oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae* dan ragi tape dapat meningkatkan pencernaan bahan kering dan bahan organik dibandingkan dengan kontrol (Astuti et al. 2006). Hasil fermentasi tersebut mempunyai beberapa keunggulan yaitu, pakan yang terfermentasi mengandung peptida bioaktif, oligosakarida yang lebih mudah dicerna sebagai hasil pemecahan protein dan karbohidrat oleh aktivitas enzim *R. oryzae*, *S. cerevisiae*, *A. oryzae* dan ragi tape. Cr dan Zn anorganik akan diubah menjadi organik sehingga memberi manfaat lebih pada ternak.

***Rhizopus* sp MENINGKATKAN PERFORMANS TERNAK**

Anak babi yang diberi imbuhan dengan *R. oligosporus* pada diet basal mempunyai penambahan berat badan lebih besar dibandingkan dengan anak babi tanpa perlakuan. Immunoglobulin G serum dan total *Lactobacillus* dalam feses juga meningkat sedangkan bakteri koliform menurun secara linier seiring dengan peningkatan pemberian *Rhizopus* (Park et al. 2016). Immunoglobulin G serum meningkat dari 301,0 mg/dL pada pakan tanpa *Rhizopus oligosporus* menjadi 325,8 mg/dL pada pakan dengan kandungan *R. oligosporus*

1,5 g/kg pakan dan 309,8 mg/dL pada pakan dengan kandungan *R. oligosporus* 0,3 g/kg pakan. Total *Lactobacillus* dalam feses meningkat dari 7,04 (\log_{10} cfu/g) pada pakan tanpa *R. oligosporus* menjadi 7,75 (\log_{10} cfu/g) pada pakan dengan kandungan *R. oligosporus* 1,5 g/kg pakan dan 7,59 (\log_{10} cfu/g) pada pakan dengan kandungan *R. oligosporus* 0,3 g/kg pakan. Kandungan bakteri koliform menurun dari 6,51 (\log_{10} cfu/g) pada pakan tanpa *R. oligosporus* menjadi 5,75 (\log_{10} cfu/g) pada pakan dengan tambahan *R. oligosporus* 1,5 g/kg pakan dan akan turun lagi menjadi 5,69 (\log_{10} cfu/g) pada pakan dengan tambahan *R. oligosporus* 0,3 g/kg pakan (Park et al. 2016).

Pemberian serbuk gergaji yang diberi *Rhizopus* memperbaiki konsumsi pakan, efisiensi pakan dan meningkatkan berat badan kambing. Pada percobaan Belew & Popoola (2007) menunjukkan kambing kerdil Afrika Barat yang diberi pakan tanpa *Rhizopus* memiliki efisiensi pakan 0,61 dan peningkatan bobot badan sebesar 200 g, sedangkan kambing yang diberi pakan yang telah ditambah *Rhizopus* memiliki efisiensi pakan 1,1 (pada kadar *Rhizopus* 20%) dan 1,41 (pada kadar *Rhizopus* 25%), peningkatan bobot badannya sebesar 360 g (pada kadar *Rhizopus* 20%) dan 538g (pada kadar *Rhizopus* 25%). Perlakuan dengan *Rhizopus* dapat digunakan sebagai alat untuk meningkatkan karakteristik, performans kambing dan sebagai solusi untuk pemanfaatan limbah (Belew & Popoola 2007).

KEMUNGKINAN APLIKASI DI INDONESIA

Sebagai kapang non-toksigenik, *Rhizopus* sp dapat digunakan untuk menghambat dan mengendalikannya pertumbuhan kapang toksigenik *A. flavus* sehingga dapat mengurangi kontaminasi pada pakan ternak. *Rhizopus* juga dapat mengubah aflatoksin B1 yang sangat toksik dan karsinogenik menjadi senyawa yang kurang toksik sehingga dapat digunakan untuk menurunkan kontaminasi aflatoksin pada pakan ternak. Indonesia merupakan negara tropis dengan temperatur hangat yang memudahkan kapang untuk tumbuh dan berkembang bahkan kapang yang dapat menghasilkan toksin seperti *A. flavus*. Oleh karena itu, diperlukan agen yang dapat menghambat pertumbuhan kapang penghasil toksin dan pengikat toksin (*toxin binder*). Kecenderungan pemakaian antikapang dan *toxin binder* yang lebih alamiah membuka peluang pemakaian mikroorganisme yang dapat menekan pertumbuhan kapang penghasil toksin seperti *Rhizopus* sp dan *S. cerevisiae*. Kapang *Rhizopus* sudah biasa digunakan untuk menfermentasi kedelai menjadi tempe sehingga terbuka peluang bagi peternak Indonesia untuk memanfaatkannya sebagai bahan imbuhan pakan yang dapat digunakan untuk menekan pertumbuhan *A. flavus* dan detoksifikasi aflatoksin. Karena harga kedelai

masih dinilai mahal maka substrat dapat diganti dengan bahan lainnya seperti limbah tahu atau limbah singkong.

Pemakaian *Rhizopus* sp untuk memfermentasi olahan kedelai dapat meningkatkan nilai tambah dengan meningkatkan nilai gizi kedelai karena selain lebih mudah dicerna juga dihasilkan antimikroba dan antioksidan dan dapat digunakan untuk mengatasi diare pada ternak. *Rhizopus* juga dapat meningkatkan nutrisi pakan sehingga dapat digunakan untuk pemanfaatan limbah menjadi produk fermentasi yang dapat digunakan sebagai pakan ternak yang bergizi. Pemakaian *Rhizopus* pada pakan ternak juga dapat mengubah Cr VI yang berbahaya menjadi Cr III tidak toksik dan justru dapat bermanfaat untuk meningkatkan imunitas dan mengurangi stres pada ternak sehingga ternak menjadi lebih produktif. Kemampuan *Rhizopus* untuk mengubah mineral dari bentuk anorganik menjadi organik dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan penyerapan mineral tersebut sehingga dapat lebih efektif dan efisien. *Rhizopus* sangat berpotensi untuk diaplikasikan pada pakan ternak di Indonesia dengan menggunakan bahan limbah sebagai substrat diharapkan dapat meningkatkan nilai gizi pakan dan meningkatkan kesehatan ternak serta menekan biaya produksi.

KESIMPULAN

Rhizopus sp sangat potensial sebagai imbuhan ternak karena kemampuannya untuk menekan pertumbuhan kapang toksigenik *A. flavus* dan menurunkan aflatoksin pada pakan. Pemakaian *Rhizopus* juga memberi nilai lebih dengan dihasilkannya senyawa yang dapat berfungsi sebagai antioksidan dan antimikroba. *Rhizopus* juga dapat meningkatkan kualitas nutrisi, meningkatkan pencernaan dan memudahkan penyerapan mineral dengan mengubahnya menjadi organik. Peningkatan kualitas nutrisi tersebut pada akhirnya dapat meningkatkan performans ternak yang ditandai dengan peningkatan imunitas, peningkatan bakteri baik dan penurunan bakteri patogen dalam usus, memperbaiki konsumsi ternak dan meningkatkan berat badan. Berdasarkan kemampuan tersebut *Rhizopus* sp juga sangat potensial untuk diaplikasikan sebagai pakan imbuhan untuk ternak.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad RZ. 2009. Cemaran kapang pada pakan dan pengendaliannya. *J Litbang Pertanian*. 28:15-22.
Astuti WD, Sutardi T, Evvyernie D, Toharmat T. 2006. Penggunaan kromium organik dari beberapa jenis

fungi terhadap aktivitas fermentasi rumen secara *in vitro*. *Media Peternakan*. 29:121-132.

- Belew MA, Popoola MA. 2007. Performance characteristics of West African Dwarf goat fed *Rhizopus* treated sawdust. *Sci Res Essays*. 2:496-498.
- Besong S, Jackson JA, Trammell DS, Amaral-Phillip D. 1996. Effect of supplemental chromium picolinate on liver triglyceride, blood metabolites, milk yield and milk composition in early-lactation cows. *J Dairy Sci*. 79.
- Bujang A, Taib NA. 2014. Changes on amino acids content in soybean, garbanzo bean and groundnut during pre-treatments and tempe making. *Sains Malaysiana*. 43:551-557.
- Carbone I, Ramirez-Prado JH, Jakobek JL, Horn BW. 2007. Gene duplication, modularity and adaptation in the evolution of the aflatoxin gene cluster. *BMC Evol Biol*. 7:1-12.
- Guan S, Zhou T, Yin Y, Xie M, Ruan Z, Young J. 2011. Microbial strategies to control aflatoxins in food and feed. *World Mycotoxin J*. 4:413-424.
- Hackbart HCS, Machado AR, Christ-Ribeiro A, Prietto L, Badiale-Furlong E. 2014. Reduction of aflatoxins by *Rhizopus oryzae* and *Trichoderma reesei*. *Mycotoxin Res*. 30:141-149.
- van den Hil PJR, Dalmas E, Nout MJR, Abee T. 2010a. Soya bean tempe extracts show antibacterial activity against *Bacillus cereus* cells and spores. *J Appl Microbiol*. 109:137-145.
- van den Hil PJR, Nout MJR, van der Meulen J, Gruppen H. 2010b. Bioactivity of tempe by inhibiting adhesion of ETEC to intestinal cells, as influenced by fermentation substrates and starter pure cultures. *Food Microbiol*. 27:638-644.
- Hsiao NW, Chen Y, Kuan YC, Lee YC, Lee SK, Chan HH, Kao CH. 2014. Purification and characterization of an aspartic protease from the *Rhizopus oryzae* protease extract, peptidase R. *Electron J Biotechnol*. 17:89-94.
- Joutey NT, Sayel H, Bahafid W, El Ghachtouli N. 2015. Mechanisms of hexavalent chromium resistance and removal by microorganisms. *Rev Environ Contam Toxicol*. 233:45-69.
- Kobayasi S, Okazaki N, Koseki T. 1992. Purification and characterization of an antibiotic substance produced from *Rhizopus oligosporus* IFO 8631. *Biosci Biotechnol Biochem*. 56:94-98.
- Kusumaningtyas E, Widiastuti R, Maryam R. 2006. Reduction of aflatoxin B1 in chicken feed by using *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus oligosporus* and their combination. *Mycopathologia*. 162:307-311.
- Lanciotti R, Guerzoni ME. 1993. Competitive inhibition of *Aspergillus flavus* by volatile metabolites of *Rhizopus arrhizus*. *Food Microbiol*. 10:367-377.

- Liu H, Guo L, Liao S, Wang G. 2012. Reutilization of immobilized fungus *Rhizopus* sp LG04 to reduce toxic chromate. *J Appl Microbiol.* 112:651-659.
- López-Otín C, Bond JS. 2008. Proteases: Multifunctional enzymes in life and disease. *J Biol Chem.* 283:30433-30437.
- Mambang DEP, Rosidah, Suryanto D. 2014. Aktivitas antibakteri ekstrak tempe terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus*. *J Teknologi dan Industri Pangan.* 25:115-118.
- Oliveira MS, Feddern V, Kupski L, Cipolatti EP, Badiale-Furlong E, de Souza-Soares LA. 2011. Changes in lipid, fatty acids and phospholipids composition of whole rice bran after solid-state fungal fermentation. *Bioresour Technol.* 102:8335-8338.
- Park JH, Yun HM, Kim IH. 2016. The effect of feeding *Rhizopus oligosporus* on growth performance, nutrient digestibility blood profile, fecal microbiota and fecal score in weanling pigs. *Turkish J Vet Anim Sci.* 40:1-7.
- Pasaribu T. 2007. Produk fermentasi limbah pertanian sebagai bahan pakan unggas di Indonesia. *Wartazoa.* 17:109-116.
- Pollard GV, Richardson CR, Karnezos TP. 2002. Effects of supplemental organic chromium on growth, feed efficiency and carcass characteristics of feedlot steers. *Anim Feed Sci Technol.* 98:121-128.
- Pothiraj C, Eyini M. 2007. Enzyme activities and substrate degradation by fungal isolates on cassava waste during solid state fermentation. *Mycobiology.* 35:196-204.
- Pourali O, Asghari FS, Yoshida H. 2010. Production of phenolic compounds from rice bran biomass under subcritical water conditions. *Chem Eng J.* 160:259-266.
- Rauf A, Irfan M, Nadeem M, Ahmed I, Iqbal HMN. 2010. Optimization of growth conditions for acidic protease production from *Rhizopus oligosporus* through solid state fermentation of sunflower meal. *World Acad Sci Eng Technol.* 4:12-26.
- Roxas MND. 2008. The role of enzyme supplementation in digestive disorder. *Altern Med Rev.* 13:307-314.
- Rubak YT, Rahayu ES, Sardjono. 2008. Pengurangan Aflatoksin B1 (AFB1) dengan proses fermentasi menggunakan *Rhizopus oligosporus* MK-1 pada pembuatan bumbu pecel. *Agritech.* 28:157-161.
- van Sambeek DN, Weber TE, Kerr BJ, van Leeuwen J, Gabler NK. 2012. Evaluation of *Rhizopus oligosporus* yeast supplementation on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. In: Iowa State University Animal Industry Report 2012. Iowa (US): Iowa State University.
- Sánchez C. 2009. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnol Adv.* 27:185-194.
- Schmidt CG, Furlong EB. 2012. Effect of particle size and ammonium sulfate concentration on rice bran fermentation with the fungus *Rhizopus oryzae*. *Bioresour Technol.* 123:36-41.
- Schmidt CG, Gonçalves LM, Prietto L, Hackbart HS, Furlong EB. 2014. Antioxidant activity and enzyme inhibition of phenolic acids from fermented rice bran with fungus *Rhizopus oryzae*. *Food Chem.* 146:371-377.
- Stephanie, Purwadaria T. 2013. Fermentasi substrat padat kulit singkong sebagai bahan pakan ternak unggas. *Wartazoa.* 23:15-22.
- Sumiati, Farhanuddin, Hermana W, Sudarman A, Istichomah, Setiyono A. 2011. Performa ayam *broiler* yang diberi ransum menggunakan bungkil biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L) hasil fermentasi menggunakan *Rhizopus oligosporus*. *Media Peternakan.* 34:117-125.
- Tanuwiria UH, Santosa U, Yulianti A, Suryadi U. 2011. The Effect of organic-Cr dietary supplementation on stress response in transport-stressed beef cattle. *J Indonesia Trop Anim Agric.* 36:97-103.
- Wang J, Ogata M, Hirai H, Kawagishi H. 2011. Detoxification of aflatoxin B1 by manganese peroxidase from the white-rot fungus *Phanerochaete sordida* YK-624. *FEMS Microbiol Lett.* 314:164-169.
- Wina E, Sumiati, Yusriani Y, Pasaribu T, Susana IWR. 2012. Utilization of fermented *Jatropha* seed meal as animal feed, Indonesian experience. In: 1st International Conference on Animal Nutrition and Environment. Khon Kaen, 14-15 September 2012. Khon Kaen (Thailand): Khon Kaen University
- Wu Q, Jezkova A, Yuan Z, Pavlikova L, Dohnal V, Kuca K. 2009. Biological degradation of aflatoxins. *Drug Metab Rev.* 41:1-7.
- Zaman Q, Suparno G, Hariani D. 2013. Pengaruh Kiambang (*Salvinia molesta*) yang difermentasi dengan ragi tempe sebagai suplemen pakan terhadap peningkatan biomassa ayam pedaging. *Lentera Bio.* 2:131-137.