

PENGUNAAN KHAMIR *SACCHAROMYCES CEREVISEAE* UNTUK MEMERBAIKI KUALITAS NUTRIEN DEDAK PADI

(USING YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISEAE* TO IMPROVE
NUTRIENTS QUALITY OF RICE BRAN)

Maritje A. Hilakore*, Mariana Nenobais, Twenfosel Oc. Dami Dato

Fakultas Peternakan, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui Kupang 85111, Telp. 0380-833215

*Correspondent author, email: hukimaku@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian dilakukan untuk memperbaiki kualitas nutrisi dedak padi melalui fermentasi yang menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* secara in vitro. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial yakni level inokulum *S. cerevisiae*: 1, 2, dan 3% (b/b) sebagai faktor pertama dan lama inkubasi: 24, 48, dan 72 jam sebagai faktor kedua dan masing-masing diulang tiga kali. Parameter yang diukur adalah kadar protein kasar, protein terlarut, asam fitat dan lemak kasar. Level inokulum *S. cerevisiae* 2% dan lama inkubasi 72 jam merupakan kombinasi terbaik memengaruhi perbaikan kualitas dedak padi fermentasi yakni: peningkatan kandungan protein kasar dari 10,88 menjadi 14,36%, protein terlarut dari 6,14 menjadi 9,82%, kandungan asam fitat berkurang dari 5,48 menjadi 2,98%, serta lemak kasar turun dari 8,23 menjadi 6,91%.

Kata-kata kunci: *S. cerevisiae*, khamir, fermentasi

ABSTRACT

The experiment was conducted to improve the nutrients quality of rice bran fermented with *Saccharomyces cerevisiae*. A laboratory experimental method was used and arranged factorially in Completely Randomized Design 3 x 4 x 3 namely three inoculant levels of *S. cerevisiae* 1, 2, and 3% (w/w) as the first factor and incubation time: 24, 48 and 72 hours as the second factor. Parameters observed were crude protein, soluble protein, crude fat, and phytic acid. The best result of this study was combination 2% *S. cerevisiae* inoculant level and 72 hours incubation time was supporting to increasing crude protein (10,88 to 14,36%), soluble protein content (6.14 to 9.82%), and decreased phytic acid content (5.48 to 2.98%) and crude fat (8,23 to 6,91%).

Keywords: *S. cerevisiae*, yeast, fermentation

PENDAHULUAN

Dedak padi merupakan bahan favorit penyusun ransum ternak namun dibatasi oleh 6,9% kandungan asam fitat (Amrullah, 2002; Richardson *et al.*, 2012), terkhusus pada non ruminan. Asam fitat (mio-inositol heksakisfosfat) merupakan bentuk penyimpanan fosfor yang terbesar pada tanaman sereal dan leguminosa. Di dalam biji, fitat merupakan sumber fosfor dan inositol utama bagi tanaman, terdapat dalam bentuk garam dengan kalium, kalsium, magnesium, dan logam lain. Pada kondisi alami, asam fitat akan membentuk ikatan baik dengan mineral bervalensi dua (Ca, Mg, Fe), maupun protein menjadi senyawa yang sukar larut (Huang *et al.*, (2017). Hal ini menyebabkan mineral dan protein tidak dapat diserap melalui vili usus khususnya unggas

(Aureli *et al.*, (2016). Namun asam fitat juga berfungsi sebagai antioksidan, serta merupakan bentuk penyimpanan fosfor terbesar pada tanaman sereal (Nissar *et al.*, (2017).

Asam fitat relatif tahan terhadap pemanasan sehingga perlakuan pemanasan terhadap bahan pangan tidak efektif bila digunakan untuk menurunkan kadar asam fitat. Setiarto dan Widhyastuti (2016) mengemukakan bahwa perendaman, fermentasi dan perkecambahan adalah cara yang efektif dalam mereduksi kadar senyawa fenol dan asam fitat pada bahan pangan.

Fermentasi merupakan aktivitas mikroorganisme untuk memperoleh energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya melalui katabolisme terhadap senyawa-senyawa organik

secara aerob maupun anaerob. Pada proses fermentasi akan terjadi perubahan-perubahan terhadap komposisi kimia, seperti kandungan protein, lemak, karbohidrat, asam amino, vitamin dan mineral sebagai akibat aktivitas dan perkembangbiakan mikroorganisme selama proses fermentasi. Dengan demikian melalui fermentasi dapat meningkatkan kualitas nutrisi dedak serta mengurangi unsur anti nutrisi dalam bahan (Hilakore *et al.*, 2013)

Upaya meningkatkan nilai guna limbah pangan seperti dedak padi dapat dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan dari khamir *Saccharomyces cerevisiae*, yaitu mikroba atau khamir utama yang terkandung dalam ragi tape. Noubariene *et al.* (2015) dan Garcia-Mantrana *et al.* (2016) melaporkan bahwa *S.cerevisiae* mampu menghasilkan enzim fitase selanjutnya enzim fitase berperan penting dalam proses defosforilasi asam fitat menghasilkan produk inositol dan fosfat organik dengan kapasitas pengikat rendah dan kelarutan yang lebih

tinggi, sehingga dapat menghilangkan efek penghambatan pada penyerapan mineral di usus.

Menurut Shin (1996), ragi yang hidup dan aktif dapat memproduksi enzim amilase, lipase, protease dan enzim-enzim lain yang dapat mengubah molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Penggunaan *S. cerevisiae* dapat mengurangi kadar asam fitat dalam tempe kara benguk sebagaimana dilaporkan oleh Rokhmah *et al.*, (2009) juga Setiarto dan Widhyastuti (2016) pada kedelai jenis lokal dan impor, selanjutnya Nissar *et al.*, (2017) pada sorghum; Nurfahriani (2018) pada tepung jagung.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemampuan khamir *S. cerevisiae* dalam memperbaiki kualitas nutrisi serta mengurangi kandungan asam fitat dalam dedak padi sebagai pakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukannya di Laboratorium Kimia Pakan Fakultas Peternakan Undana Kupang. Materi yang digunakan kultur murni *S.cerevisiae* diperoleh dari PAU Pangan dan Gizi UGM Yogyakarta, dedak padi yang dibeli dari penggilingan padi di Kota Kupang, serta materi dan alat pendukung lainnya.

Pembuatan Bubuk Inokulum

Proses peremajaan kultur murni pada agar miring (PDA), diinkubasi pada suhu kamar selama tiga hari. Setelah tiga hari kultur murni dalam agar miring dipanen dengan cara menambahkan aquades steril sebanyak 9 ml ke dalam tabung agar miring. Menggunakan ose untuk mengambil mikroba yang menempel pada agar miring, selanjutnya disebut cairan inokulan. Sebanyak 500 g tepung beras ditambahkan aquades steril agar kadar air tepung beras menjadi 70%. Tepung beras dimasukkan ke dalam autoclave, disteril pada suhu 120°C dan tekanan 1 Atm selama 15 menit. Tepung beras didinginkan selanjutnya dicampur dengan cairan inokulan hingga homogen Di inkubasi pada suhu

kamar selama tiga hari. Dikeringkan dalam oven suhu 35°C. Siap digunakan sebagai bubuk inokulum penelitian.

Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dengan level kultur *S.cerevisiae* : 1, 2, dan 3% (b/b) sebagai faktor pertama dan lama inkubasi (1, 2, dan 3 hari) sebagai faktor kedua dengan 3 kali ulangan. Kandungan nutrisi sampel (protein dan lemak kasar) dianalisis sesuai prosedur Proksimat dan dikerjakan di Laboratorium Kimia Pakan Fakultas Peternakan Universitas Nusa Cendana Kupang, sedangkan kadar protein terlarut dan asam fitat, di Lab Layanan Kimia BPT Ciawi, Bogor.

Analisis Data

Data penelitian dianalisis dengan Sidik Ragam dan dilanjutkan uji Duncan bila terdapat perbedaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel. 1 menunjukkan data kandungan nutrisi dedak padi yang difermentasi (DF) dengan khamir *S.cerevisiae*. Secara keseluruhan

kualitas nutrisi DF lebih baik setelah mengalami fermentasi.

Protein Kasar

Tabel 1 memperlihatkan kadar protein kasar (PK) dedak padi pada level kultur 2% dengan lama inkubasi 72 jam (tiga hari) adalah 14,36% nyata lebih tinggi ($P \leq 0.05$) dibandingkan level 1 maupun 3% dengan lama inkubasi yang sama (3 hari) masing-masing 14,27 dan 11,33%. Pada level kultur rendah (1%) ragi sudah melakukan proses metabolisme dan merombak senyawa makromolekul substrat (dedak padi) menjadi senyawa yang lebih sederhana meskipun belum sempurna, yang ditunjukkan adanya kenaikan kandungan protein kasar (Tabel 1). Sebaliknya pada level 3% terjadi ketidakseimbangan antara nutrisi medium dengan jumlah ragi sehingga pertumbuhan ragi cepat mencapai tahap stationer, akibat nutrisi medium yang minim serta akumulasi metabolit sekunder sehingga menghambat pertumbuhan ragi. Level 2% dan lama inkubasi 72 jam nyata memengaruhi kadar protein kasar substrat, karena masih terjadi kenaikan kadar protein

hingga inkubasi hari ketiga sedangkan pada level 3% inkubasi hari ketiga jumlah PK mulai menurun. Artinya bahwa pada level kultur rendah mikroba membutuhkan fase adaptasi (lag) yang lebih lama sebagaimana dikemukakan oleh Fardiaz (1988) bahwa jumlah awal sel memengaruhi kecepatan fase adaptasi. Pertumbuhan mikroba menyumbang protein kedalam media/substrat yang berasal dari sel mikroba, semakin baik pertumbuhan mikroba akan menambah jumlah mikroba selanjutnya semakin tinggi protein yang disumbangkan kedalam media/substrat.

Uji Duncan terhadap kadar protein kasar menunjukkan bahwa level kultur 2% dan lama inkubasi 72 jam merupakan kombinasi terbaik, keseimbangan ketersediaan nutrisi substrat masih sesuai dengan kebutuhan mikroba. Faktor pembatas pertumbuhan mikroba adalah ketersediaan nutrisi serta akumulasi metabolit sekunder dalam substrat

Tabel 1. Kandungan Nutrien Dedak Hasil Fermentasi *S.cerevisiae*

Dosis <i>S.cerevisiae</i> (% b/b)	Lama Inkubasi (jam)	Kandungan Nutrisi (% Bahan Kering)			
		PK	LK	Protein terlarut	Asam pitat
Kontrol	0	10,88	8,23	6,14	5,48
1	24	11.58 ± 0.48 ^a	7.04 ± 0.14 ^a	6,65 ± 1,29 ^a	4,50 ± 0,29 ^a
	48	12.00 ± 0.35 ^b	7.92 ± 0.84 ^a	6,46 ± 0,59 ^a	4,85 ± 0,18 ^a
	72	14,27 ± 0.46 ^c	6.46 ± 0.48 ^a	7,70 ± 0,25 ^a	4,80 ± 0,43 ^a
2	24	11.18 ± 0.69 ^a	8.48 ± 0.65 ^b	7,67 ± 0,36 ^a	3,40 ± 0,11 ^b
	48	11.99 ± 0.51 ^a	6.71 ± 0.97 ^a	8,78 ± 0,12 ^b	3.23 ± 0,12 ^b
	72	14.36 ± 0.57 ^b	6.91 ± 0.80 ^a	9.82 ± 0,34 ^b	2.98 ± 0,12 ^a
3	24	12.23 ± 0.26 ^a	7.38 ± 1.15 ^a	6,35 ± 0,26 ^c	2,44 ± 0,08 ^b
	48	11.10 ± 0.24 ^a	6.64 ± 0.21 ^a	5,66 ± 0,18 ^a	2,77 ± 0,91 ^a
	72	11.33 ± 0.56 ^a	7.33 ± 0.58 ^a	5,59 ± 0,14 ^b	2,89 ± 0,02 ^a

Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Dikemukakan oleh Fardiaz (1988), pertumbuhan adalah pertambahan jumlah massa sel atau organisme, selanjutnya dengan adanya kenaikan jumlah massa sel kapang akibat pertumbuhan akan meningkatkan kadar protein medium (Wang *et al.*, 1979). Semakin banyak level kultur maka ratio antara ketersediaan nutrisi dalam substrat dengan jumlah mikroba tidak seimbang menyebabkan mikroba lebih cepat memasuki fase stasioner akibat kekurangan nutrisi, seperti dikemukakan (Shin, 1996) keterbatasan nutrisi dapat menghambat pertumbuhan ragi. Kapang, termasuk ragi merupakan mikroba yang bertumbuh dengan

membentuk hifa atau miselium, sehingga semakin lama waktu fermentasi, maka semakin banyak jumlah mikroba yang ditunjukkan oleh padatnya miselium yang menutupi permukaan medium, sel mikroba merupakan sumber protein sel tunggal bagi ternak maupun manusia.

Setiarto *et al.* (2016) melaporkan fermentasi sorghum dengan *R. oligosporus* selama 24 jam terjadi penurunan kadar protein kasar dari 11,89 menjadi 11,42%, sedangkan Rokhmah *et al.* (2009) melaporkan penelitian pada kara bengkok yang di fermentasi dengan ragi tempe, meningkatkan protein kasar dari 7,32 menjadi 21,44%.

Asam Pitat

Data Tabel 1 menunjukkan bahwa kombinasi level kultur 2% dengan waktu inkubasi 72 jam sebagai hasil terbaik variabel ukur yakni kadar asam fitat penelitian ini, secara statistik nyata ($P \leq 0.05$) lebih rendah dari kombinasi lainnya. Uji Duncan menunjukkan level inoculum 2% dan waktu fermentasi 72 jam berkorelasi dalam menurunkan kandungan asam pitat DF, dari 5,48 menjadi 2,98%. Kadar asam fitat DF juga jauh berkurang sebagai akibat proses fermentasi. Hal ini menunjukkan asam fitat efektif direduksi selama proses fermentasi sejalan dengan pesatnya pertumbuhan mikroba/ragi. Makin baik pertumbuhan ragi akan semakin banyak pula enzim fitase yang dihasilkan, semakin berkurang kadar asam fitat menyebabkan kadar protein terlarut (asam amino bebas) mengalami peningkatan.

Menurut Aureli *et al.* (2016), asam fitat mempunyai sifat antigizi terhadap protein dengan cara mengikat protein sehingga protein akan mengendap dan tidak tercerna. Garcia *et al.* (2016) dan Noubariene *et al.* (2015) melaporkan bahwa *S.cerevisiae* mampu menghasilkan enzim fitase yang berperan penting dalam proses menghidrolisis asam fitat menjadi mioinositol dan ortoreduktase dan semakin banyak pula protein yang diurai oleh kapang menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu protein terlarut (asam amino bebas) sehingga dapat menghilangkan efek penghambatan pada penyerapan asam amino dan mineral di usus. Juga Nyman *et al.*, (1989), fitat memiliki kemampuan untuk membentuk kompleks yang kuat dengan beberapa protein dan menghambat pemecahan protein kompleks menjadi protein sederhana.

Rendahnya kadar asam pitat pada DF memberi keuntungan bagi ternak akibat dari chelat yang dibentuk asam pitat dengan protein dan mineral akan mudah diurai. Kadar asam fitat berbanding terbalik dengan protein terlarut, asam fitat semakin berkurang memberi dampak terhadap kadar protein terlarut yang bertambah. Hasil yang diperoleh sama dengan yang dilaporkan oleh Rokhmah *et al.* (2009) asam fitat tempe kara benguk (*Mucuna pruriens*) berkurang dari 5,11 menjadi 3,08 % pada lama fermentasi 48 jam. Hal yang sama dilaporkan Perdani dan Zaki (2020) pada fermentasi kedelai (tempe kedelai) kadar asam fitat berkurang dari 1,29 menjadi 0,48 pada lama fermentasi 48 jam.

Protein Terlarut

Terlihat dari Tabel 1 diatas, kadar protein terlarut (PTI) dedak padi pada level kultur 2% dengan lama inkubasi 72 jam adalah 9,82% nyata lebih tinggi ($P \leq 0.05$) dibandingkan level 1% (PTI 7,70%) maupun 3% (PTI 5,59%) pada lama inkubasi yang sama (72 jam). Selama proses fermentasi terjadi degradasi komponen penyusun dedak padi, termasuk protein menjadi komponen yang lebih sederhana. Semakin lama fermentasi maka jumlah protein yang terdegradasi menjadi asam amino semakin besar. Asam amino lebih mudah larut dalam air dan nilai kecernaannya lebih tinggi

Kadar protein terlarut DF secara umum menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi dan dosis inoculum. Uji Duncan juga menunjukkan adanya korelasi antara dosis inoculum dengan waktu inkubasi, yakni kombinasi optimum dosis 2% *S.cerevisiae* dengan masa inkubasi 72 jam adalah yang terbaik ditinjau dari kandungan protein terlarut DF. Semakin lama waktu inkubasi miselium ragi semakin tebal akibat pertumbuhan ragi yang makin meningkat. Dengan makin tebalnya miselium ragi maka semakin banyak enzim fitase yang diproduksi Enzim tersebut selanjutnya menghidrolisis asam fitat menjadi mioinositol dan ortoreduktase sehingga semakin banyak pula protein yang diurai oleh kapang menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu protein terlarut (asam amino bebas).

Menurut Deng *et al.* (2019), kinerja enzim sangat dipengaruhi oleh konsentrasi substrat. Pada konsentrasi substrat yang sangat rendah, kecepatan reaksi yang dikatalisis enzim juga sangat rendah. Sebaliknya, kecepatan reaksi akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat sampai tercapai titik tertentu, yaitu titik batas kecepatan reaksi maksimum. Dengan demikian kadar protein terlarut akan sejalan dengan jumlah protein kasar. Selanjutnya Perdani dan Utama (2020) menyatakan bahwa peningkatan protein terlarut dapat disebabkan karena protein tidak terikat oleh asam fitat membentuk protein yang mengendap (fitat-protein). Hal tersebut dikarenakan asam fitat telah direduksi selama fermentasi berlangsung.

Peningkatan protein terlarut pada substrat juga dilaporkan oleh Perdani dan Utama (2020) pada pembuatan tempe kedelai, fermentasi 48 jam meningkatkan protein terlarut tempe dari 1,93 menjadi 5,28%, oleh Nurfahriani *et al.* (2018) pada nasi jagung yang di fermentasi

Nuorospora Sp. dari 5,40 menjadi 17,56%, selanjutnya Hilakore *et al.*, (2013) pada fermentasi putak (pati batang pohon *Corypha gebanga*) dengan kapang *T.reesei* meningkatkan kadar protein terlarut putak dari 3,25 menjadi 13,25% dengan lama inkubasi 4 hari. Demikian halnya yang dilaporkan oleh juga Rokhmah *et al.* (2009) pada pembuatan tempe kara benguk (*Mucuna pruriens*) meningkatkan protein terlarut dari 16,81 menjadi 22,48.

Lemak Kasar

Secara umum kadar lemak DF (dedak fermentasi) mengalami penurunan akibat fermentasi, dan tidak dipengaruhi oleh jumlah inoculum maupun lama inkubasi. Bila ditumbuhkan pada substrat mengandung lemak,

S. cerevisiae juga dapat menghasilkan enzim lipase. Dengan demikian penurunan kandungan lemak pada penelitian ini dapat disebabkan oleh aktivitas enzim lipase yang dihasilkan oleh khamir untuk merombak kandungan lemak substrat sebagai sumber energi bagi pertumbuhannya. Chopra dan Khuller, (1987) mengemukakan, khamir akan menyerang lemak dan protein setelah menyerang karbohidrat sebagai sumber energinya. Hasil penelitian Setiarto *et al.* (2016) melaporkan terjadi penurunan kandungan lemak kasar sorgum setelah di fermentasi *Rhizopus oligosporus* selama 24 jam dari 2,03 menjadi 4,69 %. Hasil yang sama dilaporkan oleh Murtini *et al.*, (2011) juga terjadi pada lemak sorgum coklat penelitiannya.

SIMPULAN

Proses fermentasi dedak padi dengan khamir *S.cerevisiae* berpengaruh signifikan dalam meningkatkan kandungan protein kasar dan terlarut berturut-turut dari 10,88 menjadi

14,36%, dan 6,14 menjadi 9,82% serta penurunan kadar asam fitat dan lemak kasar masing-masing dari 5,48 menjadi 2,98% dan 8,23 menjadi 6,91%.

SARAN

Disarankan untuk dilakukan uji produk biokonversi ini agar diketahui pengaruhnya

terhadap performa ternak non ruminansia maupun ruminansia.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah KI. 2002. *Nutrisi Ayam Broiler*. Lembaga Satu Gunung Budi. Bogor.
- Aureli R, Ueberschlag Q, Klein F, Noel C, Guggenbuhl P. 2016. Use of near infrared reflectance spectroscopy to predict phytate phosphorus, total phosphorus, and crude protein of common poultry feed ingredients. *Poult. Sci.* 96(1): 60-68.
- Chopra A, Khuller GK. 1987. Lipid metabolism of fungi. *Crit. Rev. Microbiol.* 11: 209.
- Deng Y, Butre CI, Wierenga PA. 2018. Influence of substrate concentration on the extent of protein enzymatic hydrolysis. *Int. Dairy J.* 86:39-48.
- Fardiaz S. 1988. *Fisiologi Fermentasi*. Pusat Antar Universitas IPB. Bogor.
- García-Mantrana I, Yebra MJ, Haros M, Monedero V. 2016. Expression of bifidobacterial phytases in *Lactobacillus casei* and their application in a food model of whole-grain sourdough bread. *International Journal of Food Microbiology* 216: 18-24.
- Ginting MU. 2000. The influence of fermented putak in pig diets digestibility and growth performance of weanling pigs. *Disertasi*. Gottingen/Germany: Institute of Animal Physiology and Animal Nutrition Georg-August-University
- Hilakore MA, Suryahadi, Wiryawan IGK, Mangunwidjaja Dj. 2011. Peran *Aspergillus niger* dalam Meningkatkan Protein Putak. *Media Kedokteran Hewan* 1(27): 16-20.
- Hilakore MA, Suryahadi, Wiryawan IGK, Mangunwidjaja Dj. 2013. Peningkatan kadar protein putak melalui fermentasi oleh kapang *Trichoderma reesei*. *Jurnal Veteriner* 14(2): 250-254.
- Huang L, Wang C, Zhang Y, Chen X, Huang Z, Xing G. 2019. Original article degradation of antinutritional factors and reduction of immunoreactivity of tempeh by cofermentation with *Rhizopus oligosporus* RT-3 and *actinomucor elegans* DCY-1.

- Int. J. Food Sci. Technol.* 54(5): 1836-1848.
- Knuckles BE, Kusmickzy DD, Gumbmann MR, Beschart AA. 1989. Effect of myo-inositol phosphate ester on in vitro and in vivo digestion of protein. *J. Food Sci.* 54: 1348-1350.
- Murtini ES, Radite AG, Sutrisno A. 2011. Karakteristik kandungan kimia dan daya cerna tempe sorgum coklat (*Sorghum bicolor*). *J. Teknol. dan Industri Pangan* 22(2): 150-155.
- Nissar J, Ahad T, Naik HR. 2017. A review phytic acid : As antinutrient or nutraceutical. *J. Pharmacogn. Phytochem* 6(6): 1554-1560.
- Nuobariene L, Cizeikiene D, Gradzeviciute E, Hansen AS, Rasmussen SK, Uodeikiene G, Vogensen FK. 2015. Phytase-active lactic acid bacteria from sourdoughs: Isolation and Identification. *LWT - Food Science and Technology* 63:766-772.
- Nurfahriani D, Nurhaeni, Khairuddin. 2018. Analisis kandungan protein terlarut dan karotenoid nasi jagung (*Zea mays var. indentata*) yang difermentasi dengan kapang oncom merah (*Neurospora sp.*). *J. Kovalen* 4(2): 166-173.
- Nyman ME, Bjorck IM. 1989. In vivo effects of phytic acid and polyphenols on the bioavailability of polysaccharides and other nutrient. *J. Food Sci.* 54: 1332-1335.
- Setiarto RHB, Widhyastuti N. 2016. Penurunan kadar tanin dan asam fitat pada tepung sorgum melalui fermentasi *Rhizopus oligosporus*, *Lactobacillus Plantarum* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Berita Biologi* 15(2): 149-157.
- Setiarto RHB, Widhyastuti N, Asakiawan I. 2016. Pengaruh Fermentasi Fungi, Bakteri Asam Laktat dan Khamir terhadap Kualitas Nutrisi Tepung Sorgum. *Agritech* 36(4): 440-449.