

AKTIVITAS ENZIM DAN PROFIL SERAT PADA JERAMI PADI YANG DIFERMENTASI MENGGUNAKAN *Aspergillus niger* YANG DIIRADIASI GAMMA

Enzyme Activity and Fiber Profile of Rice Straw Fermented with Gamma Irradiated Aspergillus niger

Teguh Wahyono^{1*}, Dito Prasetyo Utomo², Nurhasni², Nana Mulyana¹, Shintia Nugrahini Wahyu Hardani¹, dan Suharyono¹

¹ Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan 12440, Indonesia

² Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah, Jl. Ir. H. Juanda No. 95, Tangerang Selatan 15412, Indonesia

* E-mail korespondensi: teguhwahyono@batan.go.id

ABSTRAK

Enzim yang berasal dari *Aspergillus niger* adalah agen konversi yang tepat untuk memecah ikatan karbohidrat struktural pada jerami padi. Perombakan pada karbohidrat struktural diperlukan untuk meningkatkan degradabilitas dan pola fermentasi pada jerami padi untuk digunakan sebagai pakan ternak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh iradiasi gamma pada berbagai dosis rendah terhadap aktivitas enzim *A. niger* sebagai agen fermentasi jerami padi. Profil serat jerami padi yang telah difерментasi juga diamati dalam penelitian ini. Perlakuan penelitian adalah: JC (jerami padi kontrol/tanpa fermentasi), JF0 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diirradiasi gamma 0 Gy), JF500 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diirradiasi gamma 500 Gy), JF1000 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diirradiasi gamma 1000 Gy) dan JF1500 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diirradiasi gamma 1500 Gy) (laju dosis 20 kGy/jam). Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga ulangan digunakan dalam penelitian ini. Parameter yang diamati adalah aktivitas enzim lignin peroksidase, selulase, kadar glukosa, bobot biomassa fungi, kadar lignin, serat kasar, *Neutral Detergent Fiber* (NDF) dan *Acid Detergent Fiber* (ADF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *A. niger* yang diirradiasi gamma berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap semua parameter uji. Dari hasil penelitian didapatkan dosis 1500 Gy merupakan dosis maksimum yang mampu meningkatkan aktivitas enzim lignin peroksidase sebesar 58,02%, enzim selulase sebesar 216,67%, bobot biomassa fungi sebesar 57,57% serta menurunkan kadar lignin sebesar 5,44%. Dosis iradiasi 1500 Gy juga menurunkan kadar serat kasar 8,99%; ADF 5,35% dan NDF 6,74%. Dibandingkan dengan kontrol.

Kata kunci: aktivitas enzim, *Aspergillus niger*, fermentasi, iradiasi gamma, jerami padi

ABSTRACT

Enzymes from *A. niger* are potential conversion agent to break the structural carbohydrate bonds in rice straw. Structural carbohydrate breaking is required to increase degradability and fermentation process on rice straw for animal feed utilization. The purpose of this study was to determine the effect of various gamma irradiation dose on *A. niger* as rice straw fermentation agent. Fermented rice straw fibers profile was also observed in this study. Research treatments were JC (rice straw/control), JF0 (fermented rice straw with 0 Gy gamma irradiated *A. niger*), JF500 (fermented rice straw with 500 Gy gamma irradiated *A. niger*), JF1000 (fermented rice straw with 1000 Gy gamma irradiated *A. niger*), JF1500 (fermented rice straw with 1500 Gy gamma irradiated *A. niger*). The rate of dose used was 20kGy/h. Completely randomized design with three replications were used. The observed parameters were lignin peroxidase enzyme activity, glucose, fungi biomass, lignin, crude fiber, NDF and ADF content. Result showed that gamma irradiated *A. niger* had significant effect ($p<0.05$) on all parameters. The dose of 1500 Gy was the maximum dose that could increased lignin peroxidase enzyme activity (58.02%), cellulose enzyme (216.67%), fungi biomass (57.57%) and decreased 5.44% lignin level. The Irradiated dose of 1500 Gy also decreased crude fiber, NDF and ADF content by 8.99, 6.74 and 5.35% respectively than control.

Keywords: *Aspergillus niger*, enzyme activity, fermentation, gamma irradiation, rice straw

PENDAHULUAN

Jerami padi adalah limbah pertanian yang banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak di Indonesia. Petani banyak memanfaatkan jerami

padi karena produksinya yang melimpah dan harganya relatif murah. Di lain sisi, keterbatasan persediaan hijauan segar di musim kemarau membuat jerami padi menjadi sumber serat pokok

bagi ternak. Penggunaan jerami padi sebagai pakan pokok tidak akan dapat mencukupi kebutuhan nutrisi bagi ternak. Hal tersebut karena jerami padi mengandung nilai nutrisi yang rendah dan material lignin yang tinggi [1]. Yanuartono *et al.* [2] menjelaskan bahwa jerami padi mempunyai berbagai kekurangan diantaranya: kandungan lignin dan silica yang tinggi; kecernaan yang rendah; memiliki zat antinutrisi dan palatabilitasnya rendah. Rentang kandungan nutrisi jerami padi adalah: 83-90% (bahan organik); 2-6,5% (protein kasar); 30-40% (serat kasar); 49-73% (ADF); 40-85% (NDF); 13-32% (hemiselulosa) dan 32-60% (selulosa) [3].

Berbagai proses *pre-treatment* telah dilakukan pada hijauan pakan sumber serat untuk meningkatkan kecernaan dan palatabilitasnya. Proses *pre-treatment* dapat dilakukan secara fisika, kimia dan biologi. Wahyono *et al.* [4] menggunakan iradiasi gamma dosis tinggi untuk memecah ikatan ligno-selulosa dan ligno-hemiselulosa bagas sorgum. Wanapat *et al.* [5] menggunakan $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan urea sebagai agen *pre-treatment* untuk meningkatkan kecernaan jerami padi. *Pre-treatment* secara biologi dapat dilakukan dengan menggunakan mikroba sebagai agen fermentasi jerami padi. Thalib [6] memanfaatkan probiotik yang terdiri dari berbagai macam mikroba *fibrolytic* untuk meningkatkan kecernaan serat jerami padi. Jahromi *et al.* [7] menggunakan *A. niger* (K8) sebagai agen fermentasi jerami padi.

Aktivitas enzim selulase dapat ditingkatkan dengan memberikan paparan radiasi gamma pada kultur *A. niger* sebagai agen fermentasi. Mulyana *et al.* [8] melaporkan bahwa dosis iradiasi gamma 500 Gy dapat meningkatkan aktivitas enzim selulase *A. niger* sebanyak 2,5 kali lipat. Kusumaningrum *et al.* [9] juga melaporkan bahwa dosis iradiasi 500 Gy pada kultur *A. niger* mampu meningkatkan aktivitas enzim sehingga meningkatkan ketersediaan NDF dan ADF jerami padi yang mudah dicerna. Penggunaan dosis iradiasi gamma yang lebih tinggi (> 500 Gy) belum pernah dilakukan sehingga perlu diamati pengaruhnya terhadap aktivitas enzim *A. niger*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh iradiasi gamma pada berbagai dosis terhadap aktivitas enzim *A. niger* sebagai agen fermentasi jerami padi. Profil serat jerami padi yang telah difermentasi juga diamati dalam penelitian ini.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jerami padi varietas Ciherang koleksi laboratorium Nutrisi Ternak PAIR BATAN, strain *A. niger* koleksi laboratorium lingkungan PAIR BATAN, *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Potato Dextrose Broth* (PDB), larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KH_2PO_4 , MgSO_4 , larutan karboksi metil selulosa (CMC), buffer sitrat, *buffer* asetat, larutan dinitrosalisisilat (DNS) 1%, verotril alkohol, H_2O_2 , larutan NaCl 85%, H_2SO_4 1 N dan H_2SO_4 72%.

Alat yang digunakan adalah kantong plastik kedap udara, cutting mill, neraca digital Sartorius, autoklaf, *crucible glass*, oven 60°C, oven 100°C, tanur 600°C, alumunium foil, vortex, mikropipet, Sprektofotometer UV-Vis Hitachi, centrifuge, pH meter Hanna instrument dan perangkat SPSS 20.0.

Persiapan Bahan

Tahap persiapan bahan dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: preparasi jerami padi, iradiasi inokulum *A. niger* dan pembuatan larutan nutrisi.

Preparasi jerami padi dilakukan berdasarkan metode yang terdapat dalam Pensupa *et al.* [10]. Jerami padi dikering-anginkan selama 2 hari dan dibersihkan dari pengotor. Jerami padi dicacah pada ukuran ± 3 cm dan direndam dalam air selama dua jam kemudian ditiriskan. Jerami padi kemudian dikeringkan kembali pada suhu 60°C selama 24 jam.

Strain fungi *A. niger* diperoleh dari laboratorium Bidang Industri dan Lingkungan, PAIR BATAN. Strain fungi dipelihara pada suhu 4°C dalam tabung *slent* dengan medium PDA. Kultur *A. niger* yang berumur tujuh hari diiradiasi gamma pada dosis 0, 500, 1000 dan 1500 Gy. Iradiasi gamma dilakukan di PAIR BATAN dengan menggunakan fasilitas irradiator Gamma Chamber 4000A (sumber ${}^{60}\text{Co}$).

Pembuatan larutan nutrisi untuk fermentasi jerami padi dilakukan dengan menambahkan sejumlah 28,8 g PDB; 1,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,6 g K_2HPO_4 dan 0,24 g MgSO_4 dalam 1200 ml akuades. Sejumlah 100 ml larutan molases ditambahkan dalam larutan tersebut dan disterilkan pada autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C. Larutan nutrisi kemudian didiamkan sampai mencapai suhu kamar (25°C) [11].

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah JC (jerami padi kontrol/tanpa

fermentasi), JF0 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diiradiasi gamma 0 Gy), JF500 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diiradiasi gamma 500 Gy), JF1000 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diiradiasi gamma 1000 Gy) dan JF1500 (jerami padi fermentasi *A. niger* yang diiradiasi gamma 1500 Gy). Dalam masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali pengulangan.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah RAL dan RAL faktorial. Prosedur RAL dilakukan pada pengamatan serat kasar, NDF dan ADF. Prosedur RAL faktorial dengan dua faktor diterapkan pada pengamatan aktivitas enzim lignin peroksidase, selulase, kadar glukosa, bobot biomassa fungi dan kadar lignin. Faktor pertama adalah dosis iradiasi fungi sedangkan faktor kedua adalah lama fermentasi (0, 5, 10 dan 15 hari). Pengaruh perlakuan dianalisis menggunakan program *software spss 22.0* dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)* untuk melihat perbedaan antar perlakuan [12].

Pembuatan Jerami Fermentasi

Prosedur pembuatan jerami fermentasi dilakukan sesuai prosedur dalam Pensupa *et al.* [10]. Sejumlah 2 ml strain *A. niger* dan 200 ml larutan nutrisi dilarutkan secara homogeny ke dalam 200 ml akuades. Larutan dicampurkan ke dalam 200 g jerami padi dalam kantong plastik lalu ditutup rapat. Untuk menjaga kondisi anaerob, dilakukan kembali, penutupan secara rapat dengan kantong plastik. Proses fermentasi jerami padi juga dilakukan dengan tanpa penambahan strain *A. niger*. Sampel kontrol dan sampel fermentasi dimasukkan ke dalam ruangan gelap selama 15 hari. Pengamatan dilakukan pada hari inkubasi ke-0, 5, 10 dan 15).

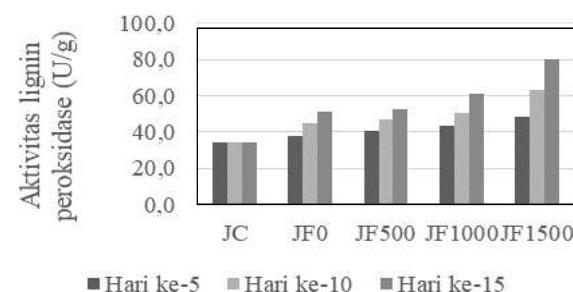
Pengukuran Parameter

Pengukuran parameter aktivitas enzim lignin peroksidase menggunakan prosedur dalam Bonnen *et al.* [13]. Pengukuran aktivitas enzim selulase dan kadar glukosa menggunakan prosedur Miller [14]. Metode dalam Hamzah *et al.* [15] digunakan untuk mengukur bobot biomassa fungi. Pengukuran kadar lignin menggunakan prosedur dalam Chesson [16]. Komposisi serat kasar, NDF dan ADF menggunakan prosedur Van Soest *et al.* [17].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Enzim Lignin Peroksidase (LiP)

Aktivitas enzim LiP pada kelima perlakuan selama inkubasi hari ke-5, 10 dan 15 dapat dilihat pada Gambar 1. Pada pengamatan hari ke 5, proses fermentasi menggunakan *A. niger* yang diiradiasi gamma mampu meningkatkan aktivitas enzim LiP dibandingkan perlakuan JC dan JF0 ($P<0,05$). Pada pengamatan hari ke-10, tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan fermentasi menggunakan *A. niger* non fermentasi (JC) dengan perlakuan iradiasi gamma 500-1500 Gy. Pada pengamatan hari ke-15, jerami padi perlakuan JF1500 menghasilkan aktivitas enzim LiP tertinggi ($P<0,05$).



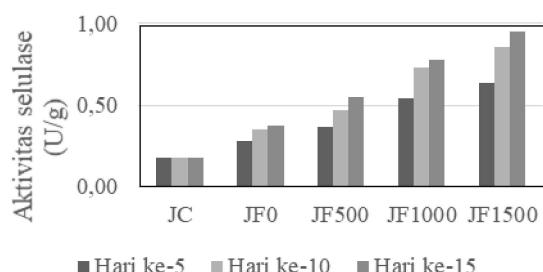
Gambar 1. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Aktivitas Enzim Lignin Peroksidase

Enzim LiP adalah enzim ekstraseluler yang aktivitasnya tergantung oleh H_2O_2 . H_2O_2 berfungsi sebagai reduktor untuk mengoksidasi enzim pada keadaan awal [18]. Enzim LiP memiliki peran dalam mendegradasi lignin. Paparan radiasi gamma pada dosis 500-1500 Gy terbukti dapat meningkatkan kinerja *A. niger* dalam mensekresikan enzim LiP. Peningkatan aktivitas enzim dapat disebabkan oleh adanya pengaruh reaksi dalam sel akibat paparan radiasi ionisasi. Sreedhar *et al.* [19] menjelaskan bahwa perlakuan radiasi dapat memaksa fungi melakukan proteksi diri, salah satunya dengan menghasilkan enzim LiP yang lebih banyak. Mulyana *et al.* [8] juga melaporkan bahwa peningkatan aktivitas enzim pada kultur *A. niger* yang diiradiasi gamma 500 Gy disebabkan oleh perubahan fisiologis sel fungi akibat paparan radiasi. Dalam penelitian ini, terlihat bahwa dosis iradiasi yang cukup tinggi (> 500 Gy) masih mampu meningkatkan aktivitas enzim LiP. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Sreedhar *et al.* [19] yang menjelaskan bahwa perubahan aktivitas enzimatis pada fungi

dipengaruhi oleh besaran stress oksidatif akibat paparan iradiasi.

Aktivitas Enzim Selulase

Aktivitas enzim selulase hasil inkubasi selama 15 hari dapat dilihat pada Gambar 2. Aktivitas enzim selulase tertinggi diperoleh dari perlakuan JF1500, baik pada pengamatan inkubasi ke-5, 10 maupun 15 hari ($P<0,05$), berturut-turut sebesar 0,64 U/g, 0,73 U/g dan 0,95 U/g. Pada pengamatan inkubasi hari ke-10 dan 15, semakin tinggi dosis iradiasi gamma pada *A. niger* akan meningkatkan aktivitas enzim selulase yang diproduksi. Hal tersebut direpresentasikan oleh nilainya yang berbeda nyata antar perlakuan ($P<0,05$).



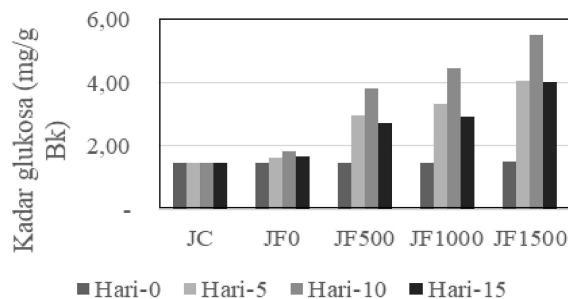
Gambar 2. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Aktivitas Enzim Selulase

Pengukuran aktivitas enzim selulase diperlukan sebagai keberlanjutan proses enzimatis setelah degradasi oleh enzim LiP. Kinerja/aktivitas selulase juga dipengaruhi oleh kapasitas enzim LiP dalam mendegradasi lignin (Gambar 1), hal tersebut karena fraksi selulosa terikat bersama lignin (lignoselulosa) pada substrat jerami padi. Selain ketersediaan substrat, kemampuan fungi *A. niger* dalam membroduksi enzim selulase juga merupakan faktor yang utama. Pada Gambar 2, terlihat bahwa aktivitas enzim selulase semakin meningkat seiring dengan meningkatnya dosis radiasi gamma pada *A. niger*. Zia *et al.* [20] menjelaskan bahwa paparan radiasi gamma dapat menstimulasi fungi untuk memperbaiki bagian yang terinduksi. Hal tersebut disertai oleh adanya mutasi dan aktivitas sekresi enzim yang lebih banyak dibandingkan keadaan normal. Dalam penelitian ini, dosis iradiasi gamma 1500 Gy merupakan dosis terbaik untuk menghasilkan aktivitas enzim selulase yang tinggi pada *A. niger*. Hasil yang berbeda ditunjukkan dalam Kusumaningrum *et al.* [9], dimana terdapat penurunan aktivitas enzim selulase pada dosis

radiasi > 500 Gy. Perbedaan tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan metode fermentasi jerami padi sehingga mempengaruhi ketersediaan substrat selulosa bagi *A. niger*.

Kadar Glukosa

Pengukuran kadar glukosa dilakukan untuk mendukung variabel parameter aktivitas enzim LiP dilanjutkan dengan selulase. Hal tersebut karena glukosa adalah hasil akhir dari degradasi selulosa. Hasil pengukuran kadar glukosa kelima perlakuan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Pada pengamatan fermentasi hari ke-5 dan 10, kadar glukosa tertinggi dihasilkan oleh perlakuan JF1000 dan JF1500 ($P<0,05$). Perlakuan JF1500 juga menghasilkan kadar glukosa tertinggi pada pengamatan fermentasi hari ke-15 ($P<0,05$). Produksi glukosa tertinggi pada seluruh perlakuan fermentasi terjadi pada waktu pengamatan hari ke-10. Produksi glukosa menurun pada hari pengamatan ke-15.



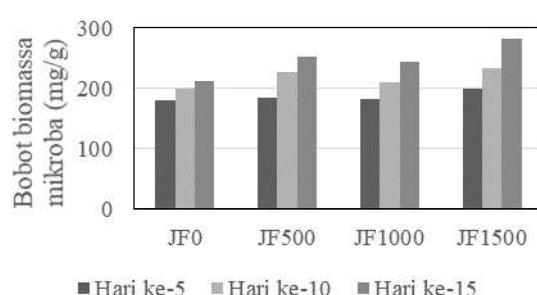
Gambar 3. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Kadar Glukosa Jerami Padi

Peningkatan kadar glukosa berbanding lurus dengan semakin tingginya dosis radiasi yang dipaparkan pada kultur *A. niger*. Hal tersebut sebagai bagian dari rantai degradasi karbohidrat struktural menjadi produk akhir glukosa. Radiasi gamma mampu meningkatkan aktivitas LiP dan selulase sehingga meningkatkan kadar glukosa yang terdapat dalam substrat. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2, dimana aktivitas LiP dan selulase semakin tinggi. Mulyana *et al.* [8] melaporkan bahwa aktivitas selulase yang maksimum dapat menghidrolisis selulosa secara optimal sehingga produksi gula mudah terlarut seperti glukosa menjadi maksimal. Penurunan kadar glukosa pada pengamatan hari ke-15 dapat disebabkan oleh menurunnya ketersediaan glukosa pada substrat jerami padi. Fifendy *et al.* [21] menjelaskan bahwa pada titik tertentu,

ketersediaan glukosa tidak dapat berbanding lurus dengan kemampuan mikroba dalam memanfaatkan glukosa. Hal tersebut karena fungi mengambil sumber glukosa yang berasal dari substrat/lingkungan kehidupannya.

Bobot Biomassa Fungi

Biomassa fungi diukur dengan mencampurkan 1g substrat jerami hasil fermentasi dengan larutan fisiologis NaCl 0,85%. Campuran kemudian disentrifus selama 15 menit pada kecepatan 3000 rpm. Filtrat yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen, dipanaskan dalam oven 60°C selama 24 jam kemudian ditimbang bobot biomassa yang terkandung didalamnya [15]. Pengukuran bobot biomassa fungi dilakukan untuk mengetahui kapasitas pertumbuhan fungi *A. niger* pada substrat jerami padi. Pengukuran dilakukan pada perlakuan fermentasi, karena pada perlakuan JC tidak ditambahkan kultur *A. niger*. Hasil pengukuran bobot biomassa fungi ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Bobot Biomassa Fungi

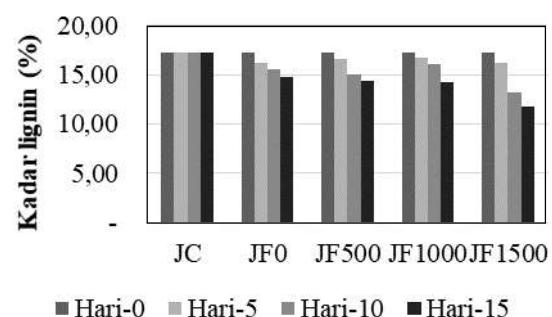
Nilai bobot biomassa fungi tertinggi pada pengamatan fermentasi ke-5, 10 dan 15 hari dihasilkan oleh perlakuan JF1500 ($P<0,05$). Bobot biomassa yang dihasilkan berturut-turut sebesar 199,74; 232,95 dan 282,70 mg/g. Bobot biomassa fungi pada keempat perlakuan fermentasi juga berjalan linear dengan dosis radiasi yang dipaparkan pada *A. niger*. Semakin tinggi dosis yang diberikan dapat meningkatkan bobot biomassa fungi pada substrat jerami padi.

Peningkatan bobot biomassa fungi pada keempat perlakuan fermentasi berbanding lurus dengan dosis radiasi yang dipaparkan pada *A. niger*. Hal tersebut karena dalam parameter sebelumnya disebutkan bahwa iradiasi gamma mampu meningkatkan aktivitas enzim LiP,

selulase dan ketersediaan glukosa. Peningkatan aktivitas enzim dan ketersediaan glukosa akan mendukung lingkungan hidup fungi sehingga meningkatkan bobot biomassa yang dihasilkan. Ketersediaan glukosa sebagai sumber C merupakan faktor penting berupa ketersediaan nutrisi bagi kultur minroba, selain juga sumber N [15].

Kadar Lignin

Hasil pengukuran kadar lignin pada kelima perlakuan penelitian dapat dilihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut, terlihat penurunan persentase kadar lignin pada setiap perlakuan fermentasi di setiap tahapan hari pengamatan. Perbedaan yang nyata ($P<0,05$) terjadi pada hari fermentasi ke-10, dimana perlakuan JF1500 menghasilkan kadar lignin terendah sebesar 13,25%. Pada hari fermentasi ke-5 dan 15, perlakuan iradiasi gamma pada kultur *A. niger* tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar lignin pada substrat jerami padi.



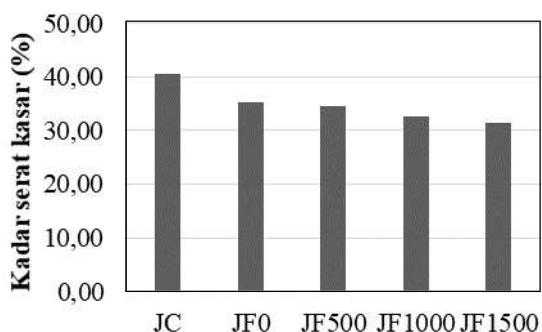
Gambar 5. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Kadar Lignin Jerami Padi

Perbedaan kadar lignin yang signifikan hanya terjadi pada waktu fermentasi hari ke-10. Tidak adanya perbedaan yang nyata pada hari ke-5 dan 15 diduga disebabkan oleh kinerja enzimatik *A. niger* yang lebih kepada pemotongan rantai lignoselulosa dan degradasi selulosa. Iradiasi gamma terbukti mampu meningkatkan aktivitas enzim LiP (Gambar 1) dan selulase (Gambar 2), namun tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar lignin pada setiap substrat. Fenomena tersebut dapat disebabkan oleh adanya kelemahan penggunaan mikroba tunggal, dalam hal ini fungi *A. niger* sebagai agen fermentasi. Kelemahan tersebut adalah adanya batasan kemampuan fungi dalam mensekresikan enzim fibrolitik yang hanya fokus pada pemisahan ikatan ligno-selulosa,

bukan pada degradasi lignin. Beberapa mikroba yang dapat membantu mendegradasi lignin adalah *Phanerochaete chrysosporium* dan *T. versicolor* [1].

Kadar Serat Kasar

Kadar serat kasar perlakuan penelitian dapat dilihat pada Gambar 6. Semakin tinggi dosis iradiasi gamma, dapat meningkatkan efektivitas degradasi serat sehingga menurunkan kadar serat kasar ($P<0,05$). Nilai kadar serat kasar pada perlakuan JC – JF1500 berturut-turut sebesar 40,50; 35,40; 34,60; 32,60 dan 31,51%.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Kadar Serat Kasar Jerami Padi

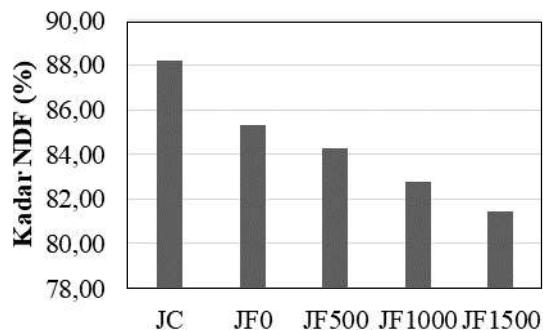
Penurunan kadar serat kasar yang berbanding lurus dengan kenaikan dosis iradiasi gamma merupakan representasi dari tingginya aktivitas enzim LiP (Gambar 1) dan selulase (Gambar 2). Aktivitas enzim fibrolitik yang meningkat dapat berakibat pada menurunnya kadar serat kasar. Perlakuan fermentasi pakan menggunakan starter mikroba tunggal maupun kombinasi terbukti mampu menurunkan kadar serat kasar substrat pakan [6].

Kadar NDF dan ADF

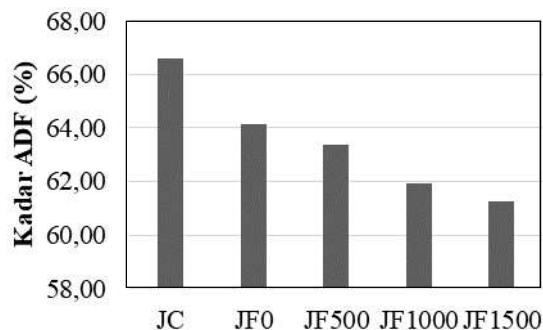
Kadar NDF perlakuan penelitian dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai kadar NDF pada perlakuan JC – JF1500 berturut-turut sebesar 88,20; 85,29; 84,30; 82,77 dan 81,47%. Dari hasil penelitian diketahui bahwa iradiasi gamma pada *A. niger* dapat mempengaruhi kadar NDF pada substrat setelah kultur tersebut digunakan sebagai agen fermentasi ($P<0,05$).

Hasil pengamatan kadar ADF dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai kadar ADF pada perlakuan JC – JF1500 berturut-turut sebesar 66,59; 64,12; 63,38; 61,94 dan 61,25%. Dari hasil penelitian diketahui bahwa iradiasi gamma pada *A. niger* dapat mempengaruhi kadar ADF pada substrat

jerami padi. Semakin tinggi perlakuan dosis iradiasi pada *A. niger* (JF1500) dapat menurunkan kadar ADF pada substrat jerami padi setelah perlakuan fermentasi ($P<0,05$).



Gambar 7. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Kadar NDF Jerami Padi



Gambar 8. Grafik Pengaruh Fermentasi terhadap Kadar ADF Jerami Padi

Penurunan fraksi NDF dan ADF yang berbanding lurus dengan dosis iradiasi pada *A. niger* dapat disebabkan oleh pengaruh meningkatnya aktivitas enzim selulase. Hal tersebut karena selulosa adalah bagian dari fraksi NDF dan ADF. Jahromi *et al.* [7] melaporkan bahwa fermentasi jerami padi menggunakan *A. niger* mampu menurunkan kandungan NDF, hemiselulosa dan bahan organik. Aderemi *et al.* [22] menjelaskan bahwa tujuan akhir fermentasi adalah untuk menyediakan karbohidrat terlarut berupa gula sederhana (glukosa) yang mudah dicerna. Hal tersebut direpresentasikan oleh penurunan fraksi NDF dan ADF pada substrat.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa dosis maksimum 1500 Gy pada kultur fungi *A. niger* merupakan dosis terbaik untuk meningkatkan aktivitas enzim Lignin Peroksidase

sebesar 58,02% dan selulase sebesar 216,67%. Peningkatan aktivitas enzim juga direpresentasikan pada perubahan profil serat, dimana kandungan serat kasar, NDF dan ADF yang relatif turun pada jerami padi. Perlu kajian penggunaan kultur mikroba yang terdiri dari kombinasi beberapa spesies, hal tersebut untuk membantu proses degradasi lignin pada substrat jerami padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini menggunakan dana Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) BATAN tahun 2017. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dra. Tri Retno Dyah Larasati, M.Si dan Bapak Dedi Ansori yang telah membantu selama teknis penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. C. Sarnklong, J. W. Cone, W. Pellikaan, and W. H. Hendriks, "Utilization of Rice Straw and Different Treatments to Improve Its Feed Value for Ruminants: A Review," *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, vol. 23, no. 5, pp. 680–692, 2010.
- [2]. Yanuartono, H. Purnamaningsih, S. Indarjulianto, and A. Nururrozi, "Potensi Jerami Sebagai Pakan Ternak Ruminansia," *J. Ilmu-Ilmu Peternak.*, vol. 27, no. 1, pp. 40–62, 2017.
- [3]. G. G. Sheikh, A. M. Ganai, P. A. Reshi, B. Sheikh, and M. Shabir, "Improved Paddy Straw as Ruminant Feed: A Review," *JOJ Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 001–008, 2018.
- [4]. T. Wahyono, N. Lelananingtyas, and Sihono, "Effects of Gamma Irradiation on Ruminal Degradation of Samurai 1 Sweet Sorghum Bagasse," vol. 43, no. 1, pp. 35–39, 2017.
- [5]. M. Wanapat, S. Kang, N. Hankla, and K. Phesatcha, "Effect of Rice Straw Treatment on Feed Intake, Rumen Fermentation and Milk Production in Lactating Dairy Cows," *African J. Agric. Res.*, vol. 8, no. 17, pp. 1677–1687, 2013.
- [6]. A. Thalib, "Utilization of Probiotic-Fermented Rice Straw as Ruminant Feed," *Wartazoa*, vol. 18, no. 4, pp. 198–206, 2008.
- [7]. M. F. Jahromi, J. B. Liang, M. Rosfarizan, Y. M. Goh, P. Shokryazdan, and Y. W. Ho, "Effects of Aspergillus niger (K8) on nutritive value of rice straw," *African J. Biotechnol.*, vol. 9, no. 42, pp. 7043–7047, 2010.
- [8]. N. Mulyana, T. R. D. Larasati, Nurhasni, and M. Ningrum, "Peningkatan Aktivitas Enzim Selulase dan Produksi Glukosa Melalui Fermentasi Substrat Jerami Padi Dengan Fungi Aspergillus niger yang Dipapari Sinar Gamma Enhanced Cellulase Enzyme Activity and Glucose Production through Fermentation Using Rice Straw Subs," vol. 11, no. 1, pp. 13–26, 2015.
- [9]. C. E. Kusumaningrum, S. N. W. Hardani, A. P. Yunisa, N. Mulyana, and Suharyono, "Pengaruh penambahan Aspergillus niger Iradiasi Sinar Gamma Dosis Rendah pada Jerami Padi Fermentasi dan Evaluasi Kualitasnya sebagai Pakan Ternak Ruminansia Secara In Vitro," *J. Ilm. Apl. Isot. dan Radiasi*, vol. 13, no. 2, pp. 23–30, 2017.
- [10]. N. Pensupa, M. Jin, M. Kokolski, D. B. Archer, and C. Du, "A Solid State Fungal Fermentation-based Strategy for The Hydrolysis of Wheat Straw," *Bioresour. Technol.*, vol. 149, pp. 261–267, 2013.
- [11]. T. Struch, B. Neuss, S. Bringer-meyer, and H. Sahm, "Osmotic Adjustment of Zymomonas mobilis to Concentrated Glucose Solutions," *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 34, pp. 518–523, 1991.
- [12]. R. G. D. Steel and J. H. Torrie, *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw, 1960.
- [13]. A. M. Bonnen, L. H. Anton, and A. B. Orth, "Lignin-Degrading Enzymes of the Commercial Button Mushroom , Agaricus bisporus," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 60, no. 3, pp. 960–965, 1994.
- [14]. J. H. Miller, *Experiments In Molecular Genetics*. New York: Cold Spring, 1972.
- [15]. A. Hamzah, M. A. Zarin, A. A. Hamid, O. Omar, and S. Senafi, "Optimal Physical and Nutrient Parameters for Growth of Trichoderma virens UKMP -1M for Heavy Crude Oil Degradation," *Sains Malaysiana*, vol. 41, no. 1, pp. 71–79, 2012.
- [16]. A. Chesson, "Effects of Sodium Hydroxide on Cereal Straws in Relation to the Enhanced Degradation of Structural Polysaccharides by Rumen Micro-organisms," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 32, pp. 745–758, 1981.
- [17]. P. J. Van Soest, J. B. Robertson, and B. A.

- Lewis, "Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition," *J. Dairy Sci.*, vol. 74, pp. 3583–3597, 1991.
- [18]. I. M. Ilmi and N. D. Kuswytasari, "Aktifitas Enzim Lignin Peroksidase oleh Gliomastix sp. T3.7 pada Limbah Bonggol Jagung dengan Berbagai pH dan Suhu," *J. Sains dan Seni Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 38–42, 2013.
- [19]. M. Sreedhar, A. Chaturvedi, M. Aparna, P. K. D, R. K. Singhal, and P. Venu-Babu, "Influence of γ - Radiation Stress on Scavenging Enzyme Activity and Cell Ultra Structure in Groundnut (*Arachis hypogaea L.*)," *Adv. Appl. Sci. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 35–44, 2013.
- [20]. M. A. Zia, S. Rasul, and T. Iftikhar, "Effect of Gamma Irradiation on *Aspergillus niger* for Enhanced Production of Glucose Oxidase," *Pakistan J. Bot.*, vol. 44, no. 3, pp. 1575–1580, 2012.
- [21]. M. Fifendy, Eldini, and Irdawati, "Pengaruh Pemanfaatan Molase Terhadap Jumlah Mikroba Dan Ketebalan Nata Pada Teh Kombucha," in *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 2013, pp. 67–72.
- [22]. B. O. Aderemi, E. Abu, and B. K. Highina, "The Kinetics of Glucose Production from Rice Straw by *Aspergillus niger*," *African J. Biotechnol.*, vol. 7, no. 11, pp. 1745–1752, 2008.

PERTANYAAN SAAT PRESENTASI

1. Pertanyaan (Anisyah (PAIR, BATAN)):

- 1) Apa yang terjadi pada *Aspergillus niger* sehingga bisa disimpulkan jerami padi yang dihasilkan lebih baik kualitasnya dari jerami biasa?
- 2) Apa kelebihan dari jerami yang dihasilkan?

Jawaban:

- 1) *Aspergillus niger* yang dipaparkan radiasi pada dosis tertentu akan mengalami perubahan sifat, salah satunya adalah memproduksi enzim yang lebih tinggi aktivitasnya. Hal tersebut akan berakibat pada kualitas sifat jerami padi yang akan mudah dicerna setelah difermentasi.
- 2) Profil serat jerami padi akan lebih mudah dicerna sehingga akan meningkatkan efektivitas pemanfaatannya sebagai pakan ternak

PROFIL KECERNAAN *IN VITRO* TANAMAN SORGUM HASIL PEMULIAAN DENGAN MUTASI RADIASI

In Vitro Degradability Profile of Sorghum from Mutation Radiation Breeding

Teguh Wahyono, Shintia Nugrahini Wahyu Hardani*, Dedi Ansori, Tri Handayani, Dadang Priyoatmojo, Sihono, Firsoni, Wahidin Teguh Sasongko, dan Irawan Sugoro

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional

Jl. Lebak Bulus Raya no. 49, Jakarta Selatan 12440, Indonesia

*E-mail korespondensi: shintia_nwh@batan.go.id

ABSTRAK

Sorgum adalah tanaman serealia yang berpotensi untuk digunakan sebagai hijauan pakan di Indonesia. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai lembaga riset telah melepas sejumlah varietas sorgum yang dapat digunakan sebagai pakan ternak. Karakteristik kecernaan dari beberapa varietas dan galur tanaman sorgum tersebut perlu diuji untuk mengetahui profil kecernaannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi profil kecernaan *in vitro* tanaman sorgum hasil pemuliaan mutasi BATAN. Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat ulangan digunakan dalam penelitian ini. Perlakuan yang digunakan adalah empat varietas tanaman sorgum dan satu galur mutan berupa: N (Numbu sebagai varietas kontrol), P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2) dan GHP 1 (Galur Harapan Pangan 1). Parameter yang diamati adalah kandungan nutrisi, profil kecernaan *in vitro* dan karakteristik produksi gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sorgum hasil mutasi radiasi (P, S1, S2 dan GHP 1) menghasilkan kandungan *neutral detergent fiber* (NDF) dan *acid detergent fiber* (ADF) yang lebih rendah dibandingkan varietas kontrol. Produksi gas optimal (a+b) tertinggi dihasilkan oleh sorgum Pahat (54,47 ml) namun tidak berbeda nyata dibandingkan varietas kontrol dan GHP 1. Sorgum GHP 1 menghasilkan kecernaan bahan organik (KcBO) yang lebih tinggi (55,31%) dibandingkan varietas kontrol (52,41%) ($P<0,05$). Tanaman sorgum hasil mutasi radiasi yaitu GHP 1 berpotensi digunakan sebagai hijauan pakan ternak. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil evaluasi profil kecernaan *in vitro* berupa tingginya produksi gas optimal (a+b) dan KcBO.

Kata kunci: kandungan nutrisi, kecernaan *in vitro*, mutasi radiasi, tanaman sorgum

ABSTRACT

Sorghum was cereal crop that has potential used as forage in Indonesia. National Nuclear Energy Agency of Indonesia (BATAN) as a research institute has released three sorghum varieties that can be used as animal feed. These varieties were Pahat, Samurai 1 and Samurai 2. Digestibility characteristics of mutant sorghum varieties need to be observed to determine the digestibility profile. This study was conducted to evaluated *in vitro* digestibility profile from mutation radiation sorghum produced by BATAN. Completely Randomized Design with five treatments and four replications was applied in this experiment. The treatment were N (Numbu as control varieties), P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2) and GHP 1 (Food Mutant Lines 1). Variables measured were nutrition content, *in vitro* digestibility profile and gas production characteristics. Results showed that sorghum from mutation radiation breeding (P, S1, S2 and GHP 1) had lower NDF and ADF than control variety. The highest optimal gas production (a+b) was produced by Pahat sorghum (54.47%) but not significantly different with control and GHP 1. The GHP 1 sorghum produced higher *in vitro* organic matter degradability (IVOMD) (55.31%) than control variety (52.41%) ($P<0.05$). GHP 1 as sorghum from mutation radiation potentially used as forage. It was represented from *in vitro* digestibility evaluation profile in form of high optimum gas production and IVOMD.

Keywords: *in vitro* digestibility, mutation radiation, nutrition content, sorghum forage

PENDAHULUAN

Pakan hijauan adalah faktor penting dalam manajemen pemeliharaan ternak ruminansia. Mayoritas peternak di Indonesia lebih banyak memanfaatkan limbah pertanian dan pangan untuk digunakan sebagai hijauan pakan ternak [1]. Beberapa diantaranya adalah jerami jagung, jerami padi maupun jerami kacang tanah. Budidaya hijauan pakan terbatas pada beberapa

jenis tanaman, diantaranya rumput gajah, rumput raja dan tanaman legum. Diantara berbagai tanaman tersebut, tanaman sorgum merupakan salah satu tanaman yang potensial dibudidayakan sebagai sumber hijauan pakan ternak. Praptiwi [2] melaporkan bahwa tanaman sorgum memiliki kandungan nutrisi yang relatif setara dengan tanaman jagung, bahkan dapat dipanen hingga tiga kali dalam setahun. Tanaman sorgum juga dapat

beradaptasi dalam iklim kering sehingga lebih tahan pada musim kemarau dibandingkan tanaman jagung [3].

Sirappa [4] melaporkan bahwa tanaman sorgum potensial digunakan sebagai hijauan pakan namun memiliki kandungan serat, lignin dan silika yang tinggi. Selain itu, tanaman ini memiliki kadar nitrogen yang rendah. Berbagai langkah pemuliaan telah dilakukan untuk meningkatkan potensi sorgum sebagai hijauan pakan, diantaranya dengan membentuk jenis tanaman sorgum *brown midrib* (BMR) yang rendah lignin [5]. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai lembaga riset nasional telah melakukan pemuliaan tanaman sorgum mutan radiasi untuk meningkatkan performa tanaman sorgum [6] dengan sinar gamma bersumber ^{60}Co untuk menghasilkan varietas mutan sorgum. Tiga varietas tanaman sorgum yang dihasilkan BATAN adalah varietas Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2. Ketiga varietas tanaman sorgum tersebut memiliki spesifikasi yang berbeda namun potensial digunakan sebagai hijauan pakan. Selain itu, telah dihasilkan satu galur harapan pangan (GHP) yang juga potensial digunakan sebagai pakan ternak.

Evaluasi kandungan nutrisi dan kecernaan *in vitro* perlu dilakukan untuk mengetahui potensi dan tingkat kecernaan tanaman sorgum hasil penelitian dan pengembangan BATAN. Evaluasi kecernaan dilakukan dengan eksperimen *in vitro Hohenheim gas test* karena teknik ini cukup akurat dan presisi merepresentasikan kecernaan sampel tanaman di dalam rumen [7]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi profil kecernaan *in vitro* tiga varietas dan satu galur tanaman sorgum yang dihasilkan BATAN.

METODE PERCOBAAN

Persiapan Bahan

Tanaman sorgum yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat varietas dan satu galur harapan. Varietas sorgum yang digunakan adalah varietas Numbu (varietas nasional), Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2. Galur yang digunakan adalah galur harapan pangan (GHP 1). Bagian tanaman sorgum yang digunakan meliputi campuran bagian daun, batang dan malai. Tanaman sorgum dipanen pada umur 110 hari dan dikeringkan selama tiga hari dalam oven bersuhu 60°C. Sampel yang sudah kering kemudian digiling/dihaluskan menjadi berukuran 1 mm. Cairan rumen yang digunakan pada uji kecernaan *in vitro* berasal dari kerbau jantan berfistula.

Komposisi ransum kerbau adalah rumput lapangan dan konsentrat dengan komposisi 70:30 dalam Bahan Kering (BK).

Pengukuran Kandungan Nutrisi

Analisis kandungan nutrisi sampel perlakuan dilakukan dengan mengukur kadar BK, bahan organik (BO), abu, protein kasar (PK) dan lemak kasar (LK). Pengukuran kandungan nutrisi menggunakan prosedur dalam *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC) [8]. Profil serat yang diamati adalah kadar *neutral detergent fiber* (NDF) dan *acid detergent fiber* (ADF) menggunakan prosedur Van Soest *et al.* [9].

Uji *Hohenheim gas test*

Rumen yang dikoleksi dari kerbau berfistula, disaring menggunakan kain kassa empat lipatan untuk memisahkan padatan dan cairan rumen. Tabung penampung harus selalu dijaga pada suhu 39°C dan dialiri dengan gas CO₂. Sampel perlakuan sebanyak 200 mg (dalam BK) dilarutkan dengan 30 ml cairan *rumen-buffer* ke dalam syringe kapasitas 100 ml (Fortuna Model, Germany). Metode yang digunakan berdasarkan Menke *et al.* [7]. Inkubasi dilakukan dalam waterbath bersuhu 39°C selama 72 jam. Produksi gas total diamati pada inkubasi ke 0, 3, 6, 12, 24, 48 dan 72 jam. Produksi gas CH₄ dan CO₂ juga diamati pada titik pengamatan inkubasi ke 72 jam.

Metode Eksperimen dan Analisis Statistik

Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah: N (Numbu), P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2) dan GHP 1 (galur harapan pangan 1). Parameter kandungan nutrisi yang diamati adalah kadar BK, BO, abu, PK dan LK. Profil serat yang diamati meliputi kadar NDF dan ADF. Produksi gas total hasil uji *in vitro* diamati pada jam inkubasi ke 0, 3, 6, 12, 24, 48 dan 72. Produksi CH₄ dan CO₂ diamati pada titik pengamatan inkubasi 72 jam menggunakan perangkat MRU gas analizer®.

Kinetika produksi gas diamati menggunakan model eksponensial Ørskov & McDonald [10] dengan bantuan software NEWAY® pada fungsi statistik:

$$P = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

Dimana: P adalah produksi gas pada waktu t, a adalah produksi gas yang dihasilkan dari fraksi mudah larut (ml/200 mg BK), b adalah produksi gas dari fraksi tidak larut tetapi dapat terdegradasi (ml/200 mg BK), c adalah laju produksi gas per t satuan waktu, (a+b) adalah produksi gas potensial (ml/200 mg BK) dan t adalah waktu inkubasi (jam).

Kecernaan bahan organik (KcBO) dan energi yang termetabolis (EM) dikalkulasi menggunakan persamaan dalam Menke *et al.* [7]. Produksi *volatile fatty acids* (VFA) total dikalkulasi menggunakan persamaan dalam Getachew *et al.* [11]:

$$\begin{aligned} \text{KcBO (\%)} &= 4.88 + 0.889 \text{ PG} + 0.45 \text{ PK} + 0.0651 \text{ abu} \\ \text{EM (MJ/kg BK)} &= 2.20 + 0.136 \text{ PG} + 0.057 \text{ PK} \\ \text{VFA total (mmol)} &= 0.0239 \text{ PG} - 0.0601 \end{aligned}$$

Notasi PG adalah produksi gas komulatif 72 jam. Perhitungan EM dan VFA total dikonversi dalam satuan kkal/kg BK dan mM. Pengaruh dari perlakuan dianalisa menggunakan SPSS 22.00 berbasis ANOVA, apabila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji *duncan multiple range test* (DMRT) [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Nutrisi

Hasil pengukuran kandungan nutrisi tanaman sorgum dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa empat varietas dan satu galur tanaman sorgum yang diamati memiliki karakteristik nutrisi yang bervariasi. Sorgum hasil pemuliaan mutasi radiasi menghasilkan kandungan abu yang lebih tinggi dibandingkan

varietas Numbu sebagai tanaman kontrol ($P<0,05$). Sorgum GHP 1 mengandung persentase kandungan abu yang paling tinggi yaitu sebesar 16,51%. Hal tersebut berbanding terbalik dengan kandungan BO, dimana varietas Numbu mengandung kadar BO yang tertinggi (93%) ($P<0,05$). Kandungan PK tanaman sorgum dalam penelitian ini bervariasi antara 7,23 – 12,16%. Kadar PK tertinggi dihasilkan oleh sorgum varietas Pahat yang mengandung PK lebih tinggi 34,81% dibandingkan varietas Numbu ($P<0,05$). Kadar LK varietas Numbu adalah yang tertinggi dibandingkan keempat tanaman sorgum lain ($P<0,05$). Dalam penelitian ini juga menunjukkan bahwa sorgum hasil pemuliaan dengan mutasi radiasi (perlakuan P, S1, S2 dan GHP) menghasilkan kandungan NDF dan ADF yang lebih rendah dibandingkan varietas Numbu sebagai varietas kontrol/nasional ($P<0,05$).

Informasi kandungan nutrisi tanaman perlu diketahui untuk memberikan gambaran kualitas hijauan pakan ternak. Sriagula *et al.* [13] menjelaskan bahwa perbedaan kandungan nutrisi tanaman sorgum dapat disebabkan oleh fase reproduktif pada saat dipanen. Dalam penelitian ini, panen dilakukan serentak pada fase matang biji (*hard dough*) pada umur 110 hari. Hal tersebut untuk memudahkan pembandingan kandungan nutrisi yang dipengaruhi murni dari varietas/galur. Kadar BO tertinggi dihasilkan oleh sorgum varietas Numbu dan Pahat (93,00% dan 89,55%). Hal tersebut dapat disebabkan oleh tipe sorgum Pahat dan Numbu yang memiliki diameter batang besar. Hal tersebut memungkinkan dalam penyimpanan BO hasil fotosintesis pada setiap fase fisiologis.

Tabel 1. Kandungan nutrisi tanaman sorgum

Perlakuan	Kandungan Nutrisi (%BK)					
	abu	BO	PK	LK	NDF	ADF
N	7,00 ^a	93,00 ^d	9,02 ^c	9,97 ^d	58,00 ^b	44,08 ^c
P	10,45 ^b	89,55 ^c	12,16 ^e	5,93 ^{bc}	55,53 ^a	40,32 ^a
S1	12,42 ^c	87,58 ^b	7,23 ^a	6,79 ^c	55,58 ^a	39,64 ^a
S2	11,42 ^c	88,58 ^b	7,70 ^b	5,20 ^b	55,12 ^a	42,47 ^b
GHP 1	16,51 ^d	83,49 ^a	11,32 ^d	3,79 ^a	55,54 ^a	42,19 ^b
SEM	0,709	0,709	0,864	0,513	0,320	0,428

Keterangan: N (Numbu); P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2), GHP 1 (galur harapan pangan 1), BO (bahan organik), PK (protein kasar), LK (lemak kasar), NDF (*neutral detergent fiber*), ADF (*acid detergent fiber*), SEM (*standard error mean*), *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$).

Rosser *et al.* [14] melaporkan bahwa kenaikan kandungan BO terutama pati yang ada di batang merupakan hasil akumulasi dari proses fotosintesis sehingga dapat menurunkan kandungan abu. Hasil yang kontradiktif direpresentasikan oleh kandungan abu, dimana kandungan BO yang tinggi pada sorgum Numbu dan Pahat akan menurunkan kandungan abu. Sriagtula *et al.* [13] menjelaskan bahwa kandungan abu yang rendah merepresentasikan rendahnya kandungan mineral dalam tanaman. Kandungan abu pada kelima sampel tanaman sorgum termasuk tinggi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh umur pemanenan kelima sorgum pada masa *hard dough*. Fase tersebut menyebabkan akumulasi kandungan mineral/ abu pada bagian biji [15].

Tanaman sorgum Pahat dan GHP 1 menghasilkan kandungan PK yang lebih tinggi dibandingkan ketiga varietas sorgum lain ($P<0,05$). Hal tersebut diduga berkaitan dengan tipe sorgum Pahat dan GHP 1 adalah tipe sorgum pangan. Sorgum Pahat dan GHP 1 terbukti efektif memanfaatkan nitrogen yang berasal dari tanah maupun pemupukan. Koten *et al.* [15] melaporkan bahwa tingginya nitrogen yang berasal dari pemupukan dengan urea akan dimanfaatkan oleh tanaman sorgum untuk membentuk nitrogen tubuh dalam bentuk protein tanaman. Kandungan PK sorgum Pahat dan GHP 1 juga lebih tinggi dibandingkan galur mutan patir 3.1, 3.2 dan 3.7 yang ada dalam penelitian Sriagtula *et al.* [13]. Kandungan LK pada sorgum hasil mutasi radiasi

(P, S1, S2 dan GHP 1) terlihat lebih rendah dibandingkan varietas Numbu. Hal tersebut dapat disebabkan pada karakteristik daun pada varietas Numbu terlihat banyak mengandung lilin dibandingkan keempat sorgum lain. Buschhaus & Jetter [16] menjelaskan bahwa lapisan lilin pada daun sorgum berguna untuk menghambat kehilangan air ketika transpirasi akibat iklim kering. Tingginya lapisan lilin akan berpengaruh pada peningkatan kandungan LK pada material hijauan.

Keempat tanaman sorgum hasil mutasi radiasi mengandung kadar NDF dan ADF yang lebih rendah dibandingkan varietas Numbu ($P<0,05$). Kandungan NDF keempat tanaman sorgum hasil mutasi radiasi berkisar antara 55,12-55,58%. Penurunan kandungan NDF dan fraksi serat merupakan tujuan utama dari pemuliaan mutasi radiasi yang dilakukan pada tanaman sorgum. Marsalis *et al.* [17] melaporkan bahwa target pemuliaan mutasi radiasi pada sorgum untuk pakan adalah dengan menghasilkan sorgum *brown midrib* (BMR). Sorgum BMR adalah sorgum yang mengandung kadar lignin rendah sehingga berasosiasi dengan kecernaan dinding sel yang tinggi.

Dalam perkembangannya, BATAN telah mengembangkan sorgum BMR yang merupakan hasil mutasi radiasi berupa galur mutan patir 3.1, 3.2 dan 3.7 [13]. Kandungan ADF sorgum Pahat dan Samurai 1 adalah yang terendah dengan nilai berturut-turut 40,32% dan 39,64% ($P<0,05$).

Tabel 2. Produksi gas total dan kinetika gas hasil uji kecernaan *in vitro* tanaman sorgum

Inkubasi jam ke – (ml/200 mg/BK)	Perlakuan					
	N	P	S1	S2	GHP 1	SEM
3	6,62 ^c	5,00 ^b	4,17 ^{ab}	4,55 ^{ab}	3,46 ^a	0,293
6	11,08 ^c	8,88 ^b	7,51 ^{ab}	7,86 ^{ab}	7,07 ^a	0,373
12	20,01 ^b	16,93 ^a	15,57 ^a	16,40 ^a	17,20 ^a	0,414
24	30,82 ^{bc}	28,46 ^{ab}	26,83 ^a	28,53 ^{ab}	31,49 ^c	0,499
48	43,39 ^{ab}	43,03 ^{ab}	40,04 ^a	41,21 ^a	45,50 ^b	0,604
72	48,39 ^{ab}	48,44 ^{ab}	46,15 ^a	46,17 ^a	49,66 ^b	0,485
Kinetika gas						
a+b	51,96 ^{ab}	54,47 ^b	51,90 ^{ab}	50,46 ^a	53,65 ^b	0,708
c	0,037 ^c	0,032 ^{ab}	0,031 ^a	0,036 ^{bc}	0,039 ^c	0,002

Keterangan: N (Numbu); P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2), GHP 1 (galur harapan pangan 1), a (produksi gas yang dihasilkan oleh fraksi yang mudah larut), b (produksi gas yang dihasilkan oleh fraksi tidak terlarut tetapi dapat terdegradasi), a+b (produksi gas optimal), c (laju produksi gas per t satuan waktu), SEM (*standard error mean*), superscript yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$).

Hal tersebut membuktikan bahwa pemuliaan dengan mutasi radiasi mampu menurunkan kandungan karbohidrat struktural yang direpresentasikan oleh kadar NDF dan ADF. Namun hal tersebut perlu dikaji lebih dalam dari sisi biomolekuler. Sriagtula *et al.* [13] menjelaskan bahwa kandungan fraksi serat yang rendah akibat dari rendahnya komposisi karbohidrat struktural yang terakumulasi pada batang. Sorgum Samurai 1 adalah tipe sorgum yang mengandung kadar gula batang yang tinggi sehingga cocok digunakan sebagai bahan baku industri bioetanol [18]. Hal tersebut berpengaruh terhadap kadar ADF yang relatif lebih rendah dibandingkan keempat tanaman sorgum lain. Sorgum yang bertipe *high sugar forage sorghum* (HFS) memiliki kadar NDF dan ADF yang lebih rendah dibandingkan tipe *forage sorghum* (FS) [19]. Karakteristik kadar abu, BO, NDF dan ADF yang berbeda antar perlakuan akan mempengaruhi profil kecernaan *in vitro* dari berbagai tanaman sorgum yang diamati.

Profil Kecernaan *In Vitro*

Profil kecernaan *in vitro* yang diamati dibagi menjadi dua garis besar, yaitu produksi gas total (Tabel 2) dan parameter fermentasi rumen (Tabel 3). Produksi gas total merupakan representasi dari kecernaan *in vitro* substrat sampel perlakuan. Hal tersebut karena proses fermentasi substrat akan menghasilkan gas secara langsung (majoritas berupa CO₂ dan CH₄) maupun tidak langsung (buffering VFA) [20]. Pada Tabel 2 terlihat bahwa pada inkubasi ke 3-12 jam, sorgum varietas Numbu menghasilkan

produksi gas total yang paling tinggi dibandingkan keempat tanaman sorgum lain. Sorgum GHP 1 mulai menghasilkan produksi gas total yang tinggi setelah waktu inkubasi ke 24 jam. Pada waktu inkubasi ke 72 jam, tanaman sorgum Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2 menghasilkan produksi gas total yang tidak berbeda nyata dibandingkan varietas Numbu. Tanaman sorgum GHP 1 menghasilkan produksi gas total yang lebih tinggi dibandingkan varietas Numbu pada waktu inkubasi ke 72 jam (P<0,05).

Kinetika produksi gas berupa produksi gas optimal (a+b) dan laju produksi gas (t) merupakan representasi produksi gas yang dikalkulasi berdasarkan dinamika produksi gas total pada setiap titik pengamatan [10], [21]. Produksi gas optimal (a+b) tertinggi dihasilkan oleh sorgum varietas Pahat (54,47 ml/200 mg BK) namun tidak berbeda nyata dibandingkan tanaman sorgum varietas Numbu, Samurai 1 dan GHP 1. Laju produksi gas (fraksi c) kelima tanaman sorgum berkisar antara 0,031 – 0039, dengan yang tertinggi dihasilkan oleh sorgum GHP 1. Substrat sorgum varietas Numbu menghasilkan kondisi pH terendah (6,08) dibandingkan keempat perlakuan lain (P<0,05). Perlakuan sorgum GHP 1 menghasilkan KcBO tertinggi (55,31%) dibandingkan sorgum varietas Numbu (52,41%) (P<0,05). Hal yang sama ditunjukkan pada parameter energi yang termetabolis sebesar 2295,76 kkal/kg BK dibandingkan sorgum Numbu sebesar 2219,62 kkal/kg BK (P<0,05). Sorgum GHP 1 juga menghasilkan produksi VFA tertinggi namun tidak berbeda nyata dibandingkan sorgum Pahat dan Numbu.

Tabel 3. Parameter fermentasi rumen hasil uji kecernaan *in vitro* tanaman sorgum

Perlakuan	Parameter fermentasi rumen			
	pH	KcBO (%)	EM (kkal/kg BK)	VFA (mM)
N	6,08 ^a	52,41 ^{ab}	2219,62 ^{ab}	27,41 ^{ab}
P	6,54 ^b	54,09 ^{bc}	2264,02 ^{bc}	27,44 ^{ab}
S1	6,55 ^b	50,19 ^a	2128,90 ^a	26,07 ^a
S2	6,72 ^b	50,18 ^a	2131,16 ^a	26,08 ^a
GHP 1	6,70 ^b	55,31 ^c	2295,76 ^c	28,17 ^b
SEM	0,063	0,573	19,616	0,290

Keterangan: N (Numbu); P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2), GHP 1 (galur harapan pangan 1), KcBO (kecernaan bahan organik), EM (energi yang termetabolis), VFA (volatile fatty acids), SEM (standard error mean), *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (P<0,05).

Berdasarkan parameter produksi gas, kinetika gas dan fermentasi rumen, sorgum GHP 1 merupakan tanaman yang potensial digunakan sebagai hijauan pakan ternak. Profil kecernaan *in vitro* kelima tanaman sorgum berkaitan dengan kandungan nutrisi pada masing-masing tanaman. Fazaeli *et al.* [22] dalam Wahyono *et al.* [23] menjelaskan bahwa produksi gas total yang bervariasi antar sampel, dipengaruhi oleh komposisi kimia pada setiap sampel. Produksi gas total belum mencerminkan efisiensi pemanfaatan substrat pakan. Karakteristik produksi gas juga perlu diamati untuk menggambarkan efisiensi pakan. Sofyan *et al.* [24] juga melaporkan bahwa fermentabilitas substrat pakan yang dievaluasi secara *in vitro* dapat dilihat pada parameter kinetika produksi gas. Pada waktu inkubasi ke 3-24 jam, tanaman sorgum Numbu menghasilkan produksi gas total yang tinggi. Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh tingginya ketersediaan BO dalam substrat (Tabel 1) sehingga proses fermentasi berjalan lebih cepat. Produksi gas optimal (a+b) yang tinggi pada perlakuan sorgum Pahat dan GHP 1 dapat dipengaruhi oleh tingginya kandungan PK (Tabel 1) dan rendahnya kandungan ADF dibandingkan varietas control (Numbu). Ketersediaan karbohidrat terlarut dan PK yang tinggi akan berdampak pada meningkatnya sintesis protein mikroba serta fermentasi serat sehingga dapat meningkatkan produksi gas optimal. Produksi gas optimal (a+b) pada sorgum Samurai 1 tidak berbeda nyata dibandingkan varietas Numbu. Hal tersebut bertentangan dengan hasil penelitian Su Jiang *et al.* [19] yang menjelaskan bahwa sorgum tipe *high sugar forage sorghum* akan menghasilkan produksi gas total yang lebih tinggi dibandingkan tipe *forage sorghum*. Hasil yang kontradiktif tersebut dapat disebabkan oleh rendahnya kandungan PK pada sorgum Samurai 1 sehingga kurang mendukung proses sintesa mikroba rumen.

Pamungkas *et al.* [25] menjelaskan bahwa rata-rata nilai pH pada rumen kerbau berkisar antara 6,54 – 6,90. Nilai pH tergantung dari perbedaan substrat pakan yang diberikan dan waktu pengamatan. Pamungkas *et al.* [25] juga menjelaskan bahwa nilai pH < 6,2 akan berbahaya bagi perkembangan bakteri selulolitik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa substrat tanaman sorgum Pahat, Samurai 1, Samurai 2 dan GHP 1 dapat menjaga kondisi pH netral pada rumen kerbau. Nilai KcBO dan EM sampel GHP 1 terlihat lebih tinggi dibandingkan varietas

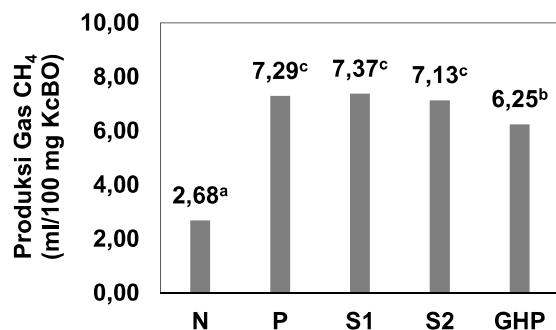
control. Hal tersebut relevan dengan rendahnya kandungan ADF (Tabel 1) dan tingginya produksi gas optimal (Tabel 2). Rendahnya kandungan ADF, NDF dan lignin pada tanaman akan meningkatkan parameter KcBO [19]. Singh *et al.* [26] melaporkan bahwa terdapat hubungan erat antara fraksi serat dan kecernaan pakan. kandungan nitrogen dan polisakarida dalam dinding sel juga berpengaruh terhadap kecernaan. Rendahnya produksi VFA pada substrat sorgum Samurai 1 dan Samurai 2 dapat disebabkan oleh rendahnya kandungan PK (Tabel 1) yang menurunkan sintesis protein mikroba. Hal tersebut akan berakibat pada menurunnya kinerja bakteri selulosa. Produksi VFA dalam penelitian ini jauh lebih rendah dibandingkan nilai VFA pada umumnya di dalam rumen yang diberi ransum hijauan (50-100 mM). hal tersebut dapat disebabkan oleh sistem percobaan *in vitro* yang dilakukan dalam sistem tertutup *batch culture*. Model *batch culture* dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan bakteri [20].

Karakteristik Produksi Gas

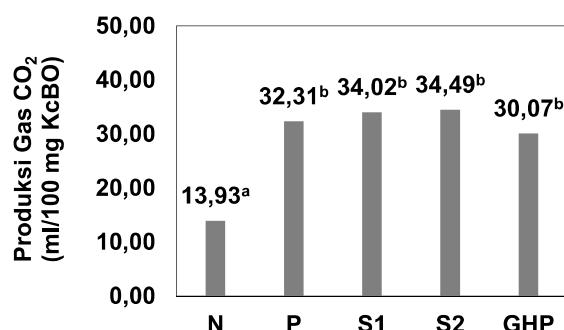
Karakteristik produksi gas yang diamati dalam penelitian ini adalah produksi gas CH₄ (Gambar 1), produksi gas CO₂ (Gambar 2) dan rasio gas CO₂:CH₄ (Gambar 3). Pengukuran gas CO₂ dan CH₄ dilakukan untuk mengetahui efisiensi fermentasi yang dilakukan mikroba rumen terhadap substrat pakan yang diuji. Sorgum varietas Numbu menghasilkan produksi gas CH₄ dan CO₂ terendah dengan nilai 2,68 dan 13,93 ml/100 mg KcBO. Sorgum GHP 1 menghasilkan produksi CH₄ dan CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan varietas Numbu, namun lebih rendah dibandingkan sorgum Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2 (P<0,05). Rasio CO₂:CH₄ tertinggi dihasilkan oleh sorgum Numbu dengan nilai 5,20 (P<0,05). Sorgum varietas Pahat dan Samurai 1 menghasilkan rasio terendah dengan nilai masing-masing 4,46 dan 4,62.

Produksi gas CH₄, CO₂ dan rasio gas berkaitan dengan kandungan nutrisi tanaman sorgum yang dicerna oleh mikroba rumen. Sorgum varietas Numbu mengandung NDF dan ADF yang tertinggi namun menghasilkan KcBO yang lebih rendah dibandingkan GHP 1. Hal tersebut berakibat pada tingginya konsumsi fraksi serat yang menyebabkan tingginya produksi gas CH₄. Produksi gas CH₄ berkorelasi terhadap nilai NDF tercerna ($r=0,88$) dan koefisien degradasi BK serta BO [27]. Tingginya produksi CH₄ pada

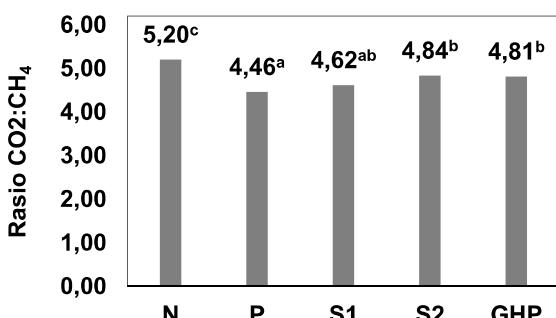
sorgum Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2 merepresentasikan rendahnya kecernaan pakan terutama fraksi serat. Hal tersebut terlihat pada rendahnya nilai KcBO pada sorgum Samurai 1 dan Samurai 2 (Tabel 3).



Gambar 1. Produksi gas CH₄ hasil uji kecernaan *in vitro* tanaman sorgum. Keterangan: N (Numbu); P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2), GHP 1 (galur harapan pangan 1). *Superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$).



Gambar 2. Produksi gas CO₂ hasil uji kecernaan *in vitro* tanaman sorgum. Keterangan: N (Numbu); P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2), GHP 1 (galur harapan pangan 1). *Superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$).



Gambar 3. Rasio gas CO₂:CH₄ hasil uji kecernaan *in vitro* tanaman sorgum. Keterangan: N (Numbu); P (Pahat), S1 (Samurai 1), S2 (Samurai 2), GHP 1 (galur harapan pangan 1). *Superscript* yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$).

Nilai NDF dan ADF yang rendah dalam penelitian ini belum tentu menghasilkan produksi gas CH₄ yang rendah. Hal yang sama dilaporkan oleh Singh *et al.* [28] bahwa *legume* yang memiliki kandungan karbohidrat struktural yang rendah dapat menghasilkan produksi gas CH₄ yang lebih tinggi dibandingkan rumput yang mengandung karbohidrat struktural tinggi. Hasil yang kontradiksi dilaporkan oleh Kulivand dan Kafilzadeh [29] yang menjelaskan bahwa kandungan NDF dan ADF berkorelasi positif terhadap konsentrasi CH₄. Produksi CH₄ yang tinggi pada beberapa varietas sorgum dapat diturunkan dengan proses fermentasi atau silase [30].

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sorgum GHP 1 sebagai sorgum hasil pemuliaan dengan mutasi radiasi, merupakan tanaman yang potensial digunakan sebagai hijauan pakan ternak. Hal tersebut dapat dilihat dari data produksi gas optimal (a+b), KcBO dan produksi VFA total yang tertinggi dibandingkan dengan tiga varietas tanaman sorgum hasil mutasi radiasi yang lain. Rendahnya produksi CH₄ pada sorgum GHP 1 juga merepresentasikan tingginya kecernaan pakan terutama fraksi serat.

Implementasi tanaman sorgum GHP 1 sebagai bagian dalam ransum ruminansia perlu mempertimbangkan berbagai hal sebagai berikut: 1) perlu pengujian penggunaan galur sorgum GHP 1 sebagai bagian dalam ransum pakan secara *in vivo* dan 2) perlu kajian untuk meningkatkan efektivitas peggunaan sorgum GHP 1 sebagai hijauan pakan. Hal tersebut terkait dengan rendahnya nilai rasio CO₂:CH₄ dibandingkan dengan varietas Numbu sebagai varietas nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Soeranto Human selaku pemulia sorgum di Bidang Pertanian PAIR BATAN. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada saudara Tardi Suseno dan Udin Siman atas bantuan teknis selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Febrina and L. Mairika, "Pemanfaatan Limbah Pertanian Sebagai Pakan Ruminansia Pada Peternak Rakyat di Kecamatan Rengat Barat Kabupaten Indragiri Hulu," *J. Peternak.*, vol. 5, no. 1,

- pp. 28–37, 2008.
- [2] I. I. Praptiwi, "Analisis Kandungan ADF dan NDF Limbah Tiga Varietas Tanaman Sorgum (Sorghum bicolor Moench) Sebagai Sumber Pakan untuk Ternak Ruminansia," *J. Agric.*, vol. 1, no. 2, pp. 149–152, 2011.
- [3] F. Pino and A. J. Heinrichs, "Sorghum forage in precision-fed dairy heifer diets," *J. Dairy Sci.*, vol. 100, no. 1, pp. 224–235, 2017.
- [4] M. P. Sirappa, "Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia Sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri," *J. Litbang Pertan.*, vol. 22, no. 4, pp. 133–140, 2003.
- [5] Y. Li *et al.*, "Field Crops Research Dynamic expression of the nutritive values in forage sorghum populations associated with white, green and brown midrid genotypes," *F. Crop. Res.*, vol. 184, no. 1966, pp. 112–122, 2015.
- [6] Sihono, W. M. Indratama, and S. Human, "Perbaikan Kualitas Sorgum Manis Melalui Teknik Mutasi untuk Bioetanol," in *Prosiding Pekan Serealia Nasional*, 2010, pp. 438–445.
- [7] K. H. Menke, L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, and W. Schneider, "The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro," *J. Agric. Sci. Cambridge*, vol. 93, pp. 217–222, 1979.
- [8] Association of Official Analytical Chemist (AOAC), *Official Method of Analysis*. Maryland: Association of Official Analytical Chemists, 2005.
- [9] P. J. Van Soest, J. B. Robertson, and B. A. Lewis, "Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition," *J. Dairy Sci.*, vol. 74, pp. 3583–3597, 1991.
- [10] E. R. Orskov and I. McDonald, "The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage," *J. Agric. Sci. Cambridge*, vol. 92, pp. 499–503, 1970.
- [11] G. Getachew, H. P. S. Makkar, and K. Becker, "Effect of polyethylene glycol on in vitro degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes," *Br. J. Nutr.*, vol. 84, pp. 73–83, 2000.
- [12] R. G. D. Steel and J. H. Torrie, *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw, 1960.
- [13] R. Sriagtula, P. D. M. H. Karti, L. Abdullah, Supriyanto, and D. A. Astuti, "Nutrient Changes and in Vitro Digestibility in Generative Stage of M10-BMR Sorghum Mutant Lines," *Media Peternak.*, vol. 40, no. 2, pp. 111–117, 2017.
- [14] C. L. Rosser *et al.*, "Effect of maturity at harvest on yield, chemical composition, and in situ degradability for annual cereals used for swath grazing," *J. Anim. Sci.*, vol. 91, no. 8, pp. 3815–3826, 2013.
- [15] B. B. Koten, R. D. Soetrisno, N. Ngadiyono, and B. Soewignyo, "Perubahan Nilai Nutrien Tanaman Sorgum (Sorghum bicolor (L.) Moench) Varietas Lokal Rote Sebagai Hijauan Pakan Ruminansia Pada Berbagai Umur Panen dan Dosis Pupuk Urea," *Pastura*, vol. 3, no. 2, pp. 55–60, 2014.
- [16] C. Buschhaus and R. Jetter, "Composition and Physiological Function of the Wax Layers Coating *Arabidopsis* Leaves: -Amyrin Negatively Affects the Intracuticular Water Barrier," *Plant Physiol.*, vol. 160, no. 2, pp. 1120–1129, 2012.
- [17] M. A. Marsalis, S. V Angadi, and F. E. Contreras-govea, "Field Crops Research Dry Matter Yield and Nutritive Value of Corn, Forage Sorghum, and BMR Forage Sorghum at Different Plant Populations and Nitrogen Rates," *F. Crop. Res.*, vol. 116, pp. 52–57, 2010.
- [18] T. Wahyono, N. Lelananingtyas, and Sihono, "Effects of Gamma Irradiation on Ruminal Degradation of Samurai 1 Sweet Sorghum Bagasse," *vol. 43, no. 1, pp. 35–39, 2017.*
- [19] Z. Su-jiang *et al.*, "Chemical Composition and In Vitro Fermentation Characteristics of High Sugar Forage Sorghum as an Alternative to Forage Maize for Silage Making in Tarim Basin, China," *J. Integr. Agric.*, vol. 15, no. 1, pp. 175–182, 2016.
- [20] A. Jayanegara and A. Sofyan, "Penentuan

- Aktivitas Biologis Tanin Beberapa Hijauan secara in Vitro Menggunakan 'Hohenheim Gas Test ' dengan Polietilen Glikol Sebagai Determinan," *Media Peternak.*, vol. 31, no. 1, pp. 44–52, 2008.
- [21] I. Sugoro, K. G. Wiryawan, D. A. Astuti, and T. Wahyono, "Gas Production and Rumen Fermentation Characteristics of Buffalo Diets Containing By-Product from Some Sorghum Varieties," *JITV*, vol. 20, no. 4, pp. 242–249, 2015.
- [22] H. Fazaeli, H. A. Golmohammadi, S. N. Tabatabayee, and M. Asghari-Tabrizi, "Productivity and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system," *World Appl. Sci. J.*, vol. 16, no. 4, pp. 531–539, 2012.
- [23] T. Wahyono, S. N. W. Hardani, and Firsoni, "Effect of Superblock Supplementation to Native Grass Based Diet on Rumen Fermentation In Vitro," in *Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology*, 2016, pp. 132–138.
- [24] A. Sofyan *et al.*, "Effectivity of Probiotic, Micromineral Enriched Yeast and Their Combination with Azadirachta indica Leaves Containing Tannin on Fermentability and Digestibility of *Pennisetum hybrid*," *JITV*, vol. 20, no. 2, pp. 95–104, 2015.
- [25] D. Pamungkas, C. C. Sevilla, and U. M. Lustria, "Changes in Rumen Ecosystem and Feed Dry Matter Degradability of Buffalo which Received Rumen Content of Cattle through Cross Inoculation," *JITV*, vol. 11, no. 1, pp. 24–33, 2006.
- [26] S. Singh, B. V. Bhat, G. P. Shukla, D. Gaharana, and U. Y. Anele, "Nutritional Evaluation of Different Varieties of Sorghum Stovers in Sheep," *Anim. Feed Sci. Technol.*, vol. 227, pp. 42–51, 2017.
- [27] B. Santoso and B. T. Hariadi, "Komposisi Kimia, Degradasi Nutrien dan Produksi Gas Metana in Vitro Rumput Tropik yang Diawetkan dengan Metode Silase dan Hay," *Media Peternak.*, vol. 31, no. 2, pp. 128–137, 2008.
- [28] S. Singh, B. P. Kushwaha, S. K. Nag, A. K. Mishra, A. Singh, and U. Y. Anele, "In Vitro Ruminal Fermentation, Protein and Carbohydrate Fractionation, Methane Production and Prediction of Twelve Commonly Used Indian Green Forages," *Anim. Feed Sci. Technol.*, vol. 178, no. 1–2, pp. 2–11, 2012.
- [29] M. Kulivand and F. Kafilzadeh, "Correlation between chemical composition, kinetics of fermentation and methane production of eight pasture grasses," *Acta Sci.*, vol. 37, no. 1, pp. 9–14, 2015.
- [30] W. Khota, S. Pholsen, D. Higgs, and Y. Cai, "Fermentation quality and in vitro methane production of sorghum silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria," *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, vol. 30, no. 11, pp. 1568–1574, 2017.

PERTANYAAN SAAT PRESENTASI

1. Pertanyaan (Melisa W. (PAIR-BATAN)):

- 1) Apa penyebab kecernaan sorgum hasil mutasi lebih bagus?
- 2) Perubahan apa yang terjadi dalam segi kandungan, komposisi, struktur kimia?

Jawaban:

- 1) Kecernaan yang lebih baik merupakan representasi dari kandungan nutrisi sorgum hasil mutasi yang mudah fermentasi oleh mikroba rumen. Hal ini karena profil serat dari tanaman sorgum yang mengalami perubahan setelah proses pemuliaan.
- 2) Perubahan yang utama adalah pada profil serat tanaman sebagai contoh, sorgum GHP 1 mengandung lignin, NDF dan ADF rendah sehingga strukturnya mudah dipecah → dicerna.

2. Pertanyaan (Ania C. (PAIR-BATAN)):

- 1) Apakah sudah ada standar batasan emisi metan pada pakan ternak berbahan dasar sorgum?
- 2) Adakah database produksi metan dari setiap bahan yang digunakan untuk formula pakan ternak?

Jawaban:

- 1) Sampai saat ini emisi metana dari sektor peternakan belum ada informasi yang menyatakan berapa standar yang diperlukan. Karena prinsip utama efisiensi pakan adalah bagaimana menghasilkan emisis metana yang sekecil-kecilnya, tanpa mengurangi produktivitas pada ternak.
- 2) Data produksi metana dari beberapa komoditas ternak dapat dilihat pada buku emisi metana dari sektor peternakan yang akan di publikasikan oleh kementerian pertanian (2018). Setiap emisi tergantung dari karakteristik pakan dan morfologi pencernaan ternak sehingga jika limbah tanaman tersebut kualitasnya baik akan berkorelasi dengan rendahnya enzim metan.