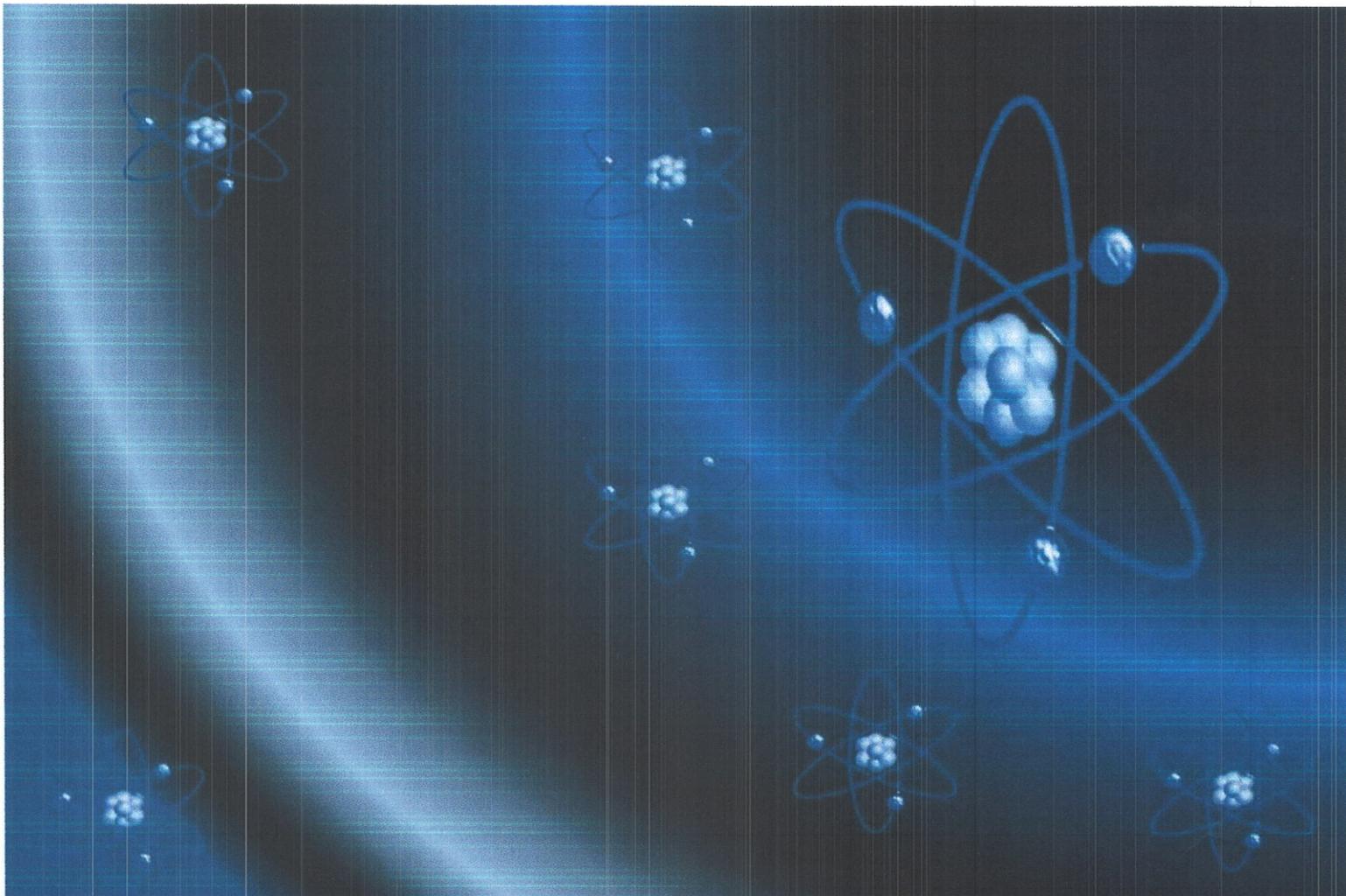


ISBN 978-979-3558-29-5

PROSIDING SEMINAR NASIONAL APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI 2018

apisora
2018 aplikasi isotop dan radiasi

Tema:
Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa
Jakarta, 09 Agustus 2018



Diterbitkan oleh :
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi
Badan Tenaga Nuklir Nasional
Tanggal 20 Desember 2018

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya sehingga **Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Isotop dan Radiasi (APISORA) 2018** dengan tema "Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa" dapat diterbitkan. Prosiding ini merupakan kumpulan karya ilmiah para pemakalah dari berbagai institusi/universitas dan berbagai latar belakang kepakaran yang telah dipresentasikan pada Seminar Nasional APISORA yang diselenggarakan pada tanggal 09 Agustus 2018 di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR)-Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).

Seminar APISORA 2018 dihadiri oleh 245 (dua ratus empat puluh lima) peserta dan tamu undangan dari berbagai instansi pemerintah, universitas, rumah sakit, dan industri swasta di Indonesia. Pada seminar APISORA dipresentasikan sejumlah 64 (enam puluh empat) makalah yang berasal dari berbagai institusi dan universitas, yaitu 47 (empat puluh tujuh) makalah berasal dari BATAN, dan 17 (tujuh belas) makalah berasal dari lembaga lain, yaitu: LIPI, Kementerian Kelautan dan Perikanan, UIN Syarif Hidayatullah, Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Bandung, Universitas Pancasila, Universitas Andalas, Universitas Sebelas Maret, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Universitas Islam Sumatera Utara, dan Universitas Bakrie. Setelah melalui seleksi oleh Dewan Editor dan Reviewer APISORA, sejumlah tiga puluh lima (tiga puluh lima) makalah dipilih untuk dimuat di Prosiding APISORA 2018.

PAIR-BATAN sebagai pihak penyelenggara seminar APISORA 2018 mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh panitia, pembicara, moderator, serta peserta pemakalah dan pendengar yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan seminar. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada seluruh dewan Editor dan Reviewer APISORA yang telah melakukan seleksi, memberikan penilaian, arahan, masukan, dan koreksi terhadap makalah-makalah yang masuk, sehingga layak untuk diterbitkan di Prosiding APISORA 2018. Ucapan terimakasih yang tak terhingga juga diucapkan kepada seluruh dewan redaksi yang telah bekerja keras untuk menyusun dan menerbitkan Prosiding ini.

Besar harapan kami, bahwa prosiding ini akan memberikan manfaat bagi para pembaca, serta menjadi acuan dalam melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi di Indonesia. Akhir kata, kami menyadari bahwa Prosiding ini tidak lepas dari berbagai kekurangan. Kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan kegiatan seminar dan penerbitan Prosiding APISORA yang akan datang.

Wa'alaikumsalam warrahmatullahi wabarakatuh,

Jakarta, 20 Desember 2018
Ketua

Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (APISORA) 2018

“Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa”

SUSUNAN PANITIA, DEWAN REVIEWER, DAN EDITOR PROSIDING APISORA 2018

Pengarah:

Ketua : Prof. Dr. Djarot S. Wisnubroto (Kepala BATAN)
Anggota : Prof. Dr. Ir. Efrizon Umar, MT (Deputi BATAN)
Totti Tjiptosumirat (Kepala PAIR - BATAN)

Dewan Reviewer:

Dr. Darmawan Darwis (PAIR - BATAN)	Dr. Desta Wirnas, SP, M.Si (Institut Pertanian Bogor)
Dr. Paston Sidauruk (PAIR - BATAN)	Dr. Boki Jeanne Tuasikal (PAIR - BATAN)
Dr. Irawan Sugoro (PAIR - BATAN)	Dr. Ania Citraresmini (PAIR - BATAN)
Prof. Dr. Soeranto Human, M.Sc (PAIR - BATAN)	Dr. Murni Indarwatmi (PAIR - BATAN)
Dr. Sobrizal (PAIR - BATAN)	Dr. Tita Puspitasari (PAIR - BATAN)
Dr. Endang Saepudin (Universitas Indonesia)	Dian Pribadi Perkasa, M.Biotech (PAIR - BATAN)

Dewan Editor:

Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si
Rasi Prasetyo, M.Si
Dr. Ania Citraresmini

Panitia Pelaksana:

Ketua Pelaksana	: Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si
Wakil Ketua	: Rasi Prasetyo, M.Si
Sekretaris I	: Beni Ernawan, M.Si
Sekretaris II	: Ali Agus
Bendahara	: Agus Darmawan, SP
Seksi Seminar	: Niken Hayudanti Anggarini, M.Si Marina Yuniawati Maryono, M.Si Susanto, S.Si Dewa Ketut Rai Saroji, A.Md
Seksi Pameran	: Bayu Azmi, M.Si Anggi Nico Flatian, M.Si Untung Sugiharto, A.Md
Seksi Promosi dan Humas	: Akhmad Rasyid Syahputra, M.Si Melisa Weno Gusthia, S.Si Indra Mustika Pratama, A.Md
Seksi Publikasi	: Bambang Sutarto, M.M Asih Nariastuti, B.Sc
Protokol	: Mubarik Achmad
Dokumentasi	: Ikin Sadikin
Konsumsi	: Farida Ariyanti
Kesehatan	: dr. Irfany Khairunnisa
Pengamanan	: Tedi Hadi Permana, A.Md

ISBN 978-979-3558-29-5

Penerbit:

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

Redaksi:

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan 12440

Telp. 021-7690709

Fax. 021-7691607

Email: pair@batan.go.id

Cetakan pertama, Desember 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar	ii
Susunan Panitia, Dewan Reviewer, dan Editor Prosiding APISORA 2018	iii
Daftar Isi	v
Aktivitas Enzim dan Profil Serat pada Jerami Padi yang Difermentasi menggunakan <i>Aspergillus niger</i> yang Diiradiasi Gamma <i>T. Wahyono, D. P. Utomo, Nurhasni, N. Mulyana, S. N. W. Hardani dan Suharyono</i>	1-8
Profil Kecernaan <i>In Vitro</i> Tanaman Sorgum Hasil Pemuliaan dengan Mutasi Radiasi <i>T. Wahyono, S. N. W. Hardani, D. Ansori, T. Handayani, D. Priyoatmojo, Sihono, Firsoni, W. T. Sasongko, dan I. Sugoro</i>	9-18
Seleksi Mutan Padi Beras Merah Lokal Sumatera Barat Genotipe Sigah Berdasarkan Karakter Tinggi Tanaman dan Jumlah Anakan <i>S. Kurniawati, I. Chaniago, dan I. Suliansyah</i>	19-24
Uji Daya Hasil Lanjutan Galur-Galur Mutan Sorgum Pangan di Citayam Bogor <i>Sihono, W. M. Indriatama, dan S. Human</i>	25-31
Produktivitas Raton Pertama 45 Galur Mutan Sorgum <i>M. F. S. Ningrum, W. M. Indriatama dan H. Gustia</i>	32-40
Peningkatan Produksi Kedelai Hitam Varietas Mutiara 2 Melalui Pemberian Pupuk Organik Cair <i>T. Bachtiar, Nurrobifahmi, A. Citraresmini, A. N. Flatian, , S. Slamet, dan Turmizi</i>	41-48
Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Tanaman Kapas Varietas Karisma 1 <i>L. Harsanti dan S. Widiarsih</i>	49-53
Aktifitas Hipolipidemik Beras Hitam (<i>Oriza sativa</i> L.) Hasil Pemuliaan dengan Sinar Gamma <i>N. W. Istanti, S. Listyawati, dan Sutarno</i>	54-59
Dampak Radiasi Pengion terhadap Profil Hematologi Pekerja Radiasi di Rumah Sakit <i>T. Rahardjo, H. N. E. Surniyantoro, V. A. Sufivan, Titin Prihatini, dan Darlina</i>	60-66
Efek Radiasi Gamma Terhadap Viabilitas Bakteri <i>Brucella abortus</i> CH 09 BL <i>T. Handayani, S. M. Noor, dan F. H. Pasaribu</i>	67-72
Analisis Sitogenetik dan SNPs pada Sel Limfosit Pekerja Radiasi Medik <i>Y. Lusiyanti, V. A. Sufivan, M. Lubis, Suryadi, H. N. E. Surniyantoro, S. Purnami, dan N. Rahajeng</i>	73-78
Komparasi Hasil Perhitungan Paparan Internal Uranium dan Plutonium pada Sampel Bioassay antara Metode Konvensional dengan Menggunakan Software IMBA <i>M. M. Farid dan Y. Andriani</i>	79-84

Analisis Profil Sel Darah Merah dari Implantasi <i>Demineralized Freeze-Dried Bone Xenograft</i> Steril Iradiasi Gamma pada Tulang Kalvaria Tikus <i>F. Amelia, B. Abbas, D. Darwis, S. Estuningsih, dan D. Noviana</i>	85-94
Penentuan Kadar <i>Kurkumin</i> dari beberapa Tanaman <i>Curcuma</i> Setelah Diiradiasi Gamma <i>Susanto dan E. K. Winarno</i>	95-101
Korelasi Paparan Radiasi Pngion terhadap Kadar Hematokrit, Trombosit, dan Eritrosit Pekerja Radiasi <i>H. N. E. Surniyantoro dan T. Rahardjo</i>	102-108
Sintesis Kitosan Berat Molekul Rendah Menggunakan Hidrogen Peroksida dan Iradiasi Sinar Gamma <i>N. Nuryanthi, A.R. Syahputra, D.S. Pangerteni, S. Susilawati, T. Puspitasari, dan D. Darwis</i>	109-113
Estimasi Laju Sedimentasi Menggunakan Isotop Alam $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ di S.Cisemeut – Lebak – Banten <i>N. Suhartini dan B. Aliyanta</i>	114-119
Pengaruh Sebaran Normal Dosis Radiasi Personil pada Zona Quartil Atas terhadap Nilai Pembatas Dosis <i>S. Muhammad</i>	120-125
Distribusi Radioisotop Radon-222 dalam Gas Tanah di Kawasan Nuklir Pasar Jumat <i>N. Laksminingpuri, R. Prasetio, dan Nurfadhlini</i>	126-131
Disain Sistem Iradiasi dengan Cobalt-60 untuk Disinfeksi Air dalam Budidaya Udang <i>N. F. Gusmawati, D. Soembogo, A. A. Lubis, dan E. Supriyono</i>	132-141
Optimisasi Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka <i>Rr. D. R. Pipin Soedjarwo*, F. Priyadi, D. Setiaji, dan Rohmansyur</i>	142-147
Evaluasi Radioaktivitas Gross Beta, TDS, dan pH pada Air Tanah di Kawasan Nuklir Pasar Jumat (KNPJ) dan Sekitar <i>N. H. Anggarini, M. Stefanus, T. Hud, dan L. Rixon</i>	148-155
Study the Response of TLD-Barc Against X-Ray and Photon and Algorithm for Evaluation of Hp(10) <i>Nazaroh, R. Syaifudin, C. T. Budiantari, dan A. S. Pradhan</i>	156-162
Pengukuran Laju Paparan Radiasi dan Potensi Paparan Radiasi Sumber Iradiator Gamma Merah Putih <i>T. Ardiyati dan Kasmudin</i>	163-169
Studi Unjuk Kerja Keselamatan Mekanik dan Radiasi pada Peralatan Radiografi Model 880 Delta dan Tech Ops 660 B <i>B. Y. E. B. Jumpeno dan M. Rangkuti</i>	170-176
Studi Respon TLD-700 [Lif:Mg, Ti] Terhadap Gamma (^{137}Cs) dan Beta [^{147}Pm , ^{85}Kr dan ^{90}Sr] <i>Nazaroh, Pardi, dan C. T. Budiantari</i>	177-185

Early Study on Radiographic Examination of Soft Alloy Casting Material using Digital Fluoroscopy <i>Sugiharto, Y. Kriswandono, Wibisono, Kushartono, H. A. Ramadhany, D. Soembogo, N. Sianta, and S. B. Santoso</i>	186-194
Evaluation of Mixing Level of Continuous Single Phase Pipe Flow using Basic radiotracer Models <i>Sugiharto</i>	195-202
Verifikasi Penentuan Laju Dosis Serap Air Berkas Foton 6 MV Pesawat Tomoterapi Hi Art antara PTKMR dan RSCM <i>A. F. Firmanyah, N. Rajagukguk, Nuruddin, W. E. Wibowo, dan P. Cheah</i>	203-207
Penentuan Efisiensi dan Faktor Koreksi Absorpsi untuk Pengukuran Radioaktivitas Beta Total Menggunakan Kalium Klorida (KCl) <i>L. Rixson dan M. Stefanus</i>	208-14
Measurement of Metal Thickness using X-Ray Computed Radiography <i>B. Azmi, H. A. Ramadhany, and F. R. Ningsih</i>	215-220
Analisis Pengurangan Emisi Karbon dengan Opsi PLTN Pengganti PLTU untuk Wilayah Nusa Tenggara Barat <i>W. L. Widodo</i>	221-228
Kajian Kebijakan Strategis dalam Pengelolaan Iradiator pada Era PP Tarif Baru <i>Y. Garini dan H. Wahyuningrum</i>	229-235
Scan Absorption Column in Industrial Process <i>Wibisono, B. Azmi, F. R. Ningsih, dan M. Stefanus</i>	236-240
Scan Reference Performed on Quench Tower using Co-60 <i>Wibisono</i>	241-247

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

Sorghum adalah tanaman sereal 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 pencernaan dari beberapa varietas dan galur tanaman sorgum tersebut perlu diuji untuk mengetahui profil kecernaannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi profil pencernaan *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 pencernaan *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 pencernaan *in vitro* berupa tingginya produksi gas optimal (a+b) dan KcBO.

Kata kunci: kandungan nutrisi, pencernaan *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 evaluate *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 pencernaan *in vitro* perlu dilakukan untuk mengetahui potensi dan tingkat pencernaan tanaman sorgum hasil penelitian dan pengembangan BATAN. Evaluasi pencernaan dilakukan dengan eksperimen *in vitro* *Hohenheim gas test* karena teknik ini cukup akurat dan presisi merepresentasikan pencernaan sampel tanaman di dalam rumen [7]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi profil pencernaan *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 pencernaan *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 CO_2 . 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 CH_4 dan CO_2 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 CH_4 dan CO_2 diamati pada titik pengamatan inkubasi 72 jam menggunakan perangkat MRU gas analyzer®.

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. Sriagtula *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 perbandingan 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 ^c	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 pencernaan 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 pencernaan *in vitro* dari berbagai tanaman sorgum yang diamati.

Profil Kecernaan *In Vitro*

Profil pencernaan *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 pencernaan *in vitro* substrat sampel perlakuan. Hal tersebut karena proses fermentasi substrat akan menghasilkan gas secara langsung (mayoritas 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 pencernaan *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 pencernaan *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

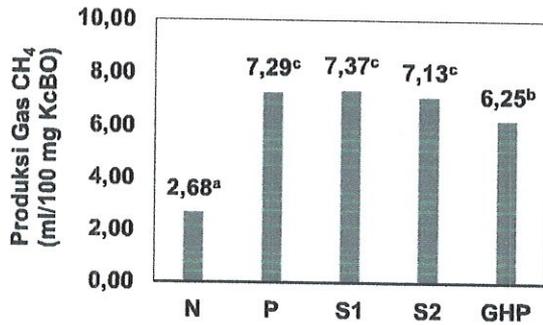
control. Hal tersebut relevan dengan rendahnya kandungan ADF (Tabel 1) dan tingginya produksi gas optimal (Tabel 2). Rendahnya kandungan ADF, NDF dan lignin pada tanaman akan meningkatkan parameter KcBO [19]. Singh *et al.* [26] melaporkan bahwa terdapat hubungan erat antara fraksi serat dan pencernaan pakan. kandungan nitrogen dan polisakarida dalam dinding sel juga berpengaruh terhadap pencernaan. 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

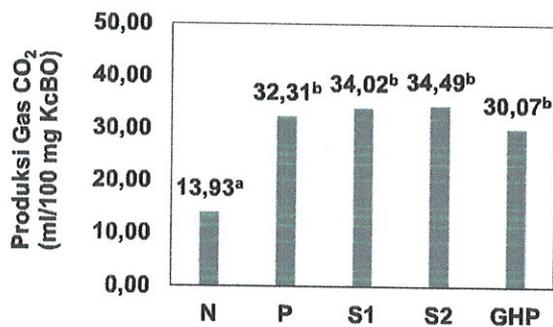
Karakteristik produksi gas yang diamati dalam penelitian ini adalah produksi gas CH₄ (Gambar 1), produksi gas CO₂ (Gambar 2) dan rasio gas CO₂:CH₄ (Gambar 3). Pengukuran gas CO₂ dan CH₄ dilakukan untuk mengetahui efisiensi fermentasi yang dilakukan mikroba rumen terhadap substrat pakan yang diuji. Sorgum 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

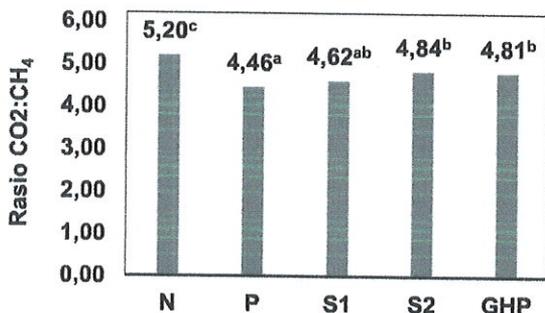
sorgum Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2 merepresentasikan rendahnya pencernaan pakan terutama fraksi serat. Hal tersebut terlihat pada rendahnya nilai KcBO pada sorgum Samurai 1 dan Samurai 2 (Tabel 3).



Gambar 1. Produksi gas CH₄ hasil uji pencernaan *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 pencernaan *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 pencernaan *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 pencernaan 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 penggunaan 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 midrib 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. Lelaningtyas, 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 Ruminant 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 pencernaan sorgum hasil mutasi lebih bagus?
- 2) Perubahan apa yang terjadi dalam segi kandungan, komposisi, struktur kimia?

Jawaban:

- 1) Pencernaan yang lebih baik merupakan representasi dari kandungan nutrisi sorgum hasil mutasi yang mudah difermentasi 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 struktur kimianya 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.