



Kandungan Serat Kasar, Kecernaan Serat Kasar, dan Fermentabilitas Bonggol Singkong yang Difermentasi Menggunakan *Aspergillus niger*

(Crude fiber content, crude fiber digestibility and fermentability of fermented *Cassava cobs* using *Aspergillus niger*)

Aris Budi Prasetyo^{*1}, Baginda Iskandar Moeda Tampobolon¹ dan
Limbang Kustiawan Nuswantara¹

Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ABSTRAK. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh aras konsentrasi *Aspergillus niger* dan lama waktu pemeraman yang berbeda terhadap kandungan serat kasar, kecernaan serat kasar, dan fermentabilitas bonggol singkong secara *in vitro*. Percobaan didesain menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial (RALF) 3x3 dengan 3 ulangan. Fermentasi menggunakan kapang *Aspergillus niger* dengan 3 aras konsentrasi (A₀: 0%, A₁: 2,5% dan A₂: 5%) dan 3 lama pemeraman (T₀: 0 hari, T₁: 2 hari dan T₂: 4 hari). Variabel yang dikaji adalah kandungan serat kasar, kecernaan serat kasar, asam lemak terbang/volatile fatty acid (VFA) parsial berupa asam asetat, propionat, butirir serta VFA total. Data dianalisis ragam kemudian dilanjutkan dengan uji wilayah berganda Duncan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh interaksi ($p < 0,05$) antara aras starter dan lama waktu pemeraman yang berbeda terhadap kandungan serat kasar, kecernaan serat kasar dan fermentabilitas secara *in vitro* bonggol singkong yang difermentasi dengan kapang *Aspergillus niger*. Pada kombinasi perlakuan A₂T₂ menghasilkan kadar serat kasar terendah (20,12%), peningkatan kecernaan serat kasar tertinggi (41,00%), peningkatan VFA parsial tertinggi meliputi asam asetat (58,40%), propionat (26,16%), butirir (12,73%) dan VFA total tertinggi (95,33%). Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa kombinasi perlakuan aras starter *Aspergillus niger* dan lama pemeraman dapat meningkatkan kecernaan serat kasar, produksi VFA parsial dan VFA total, serta menurunkan serat kasar bonggol singkong. Kecernaan serat kasar, produksi VFA parsial dan VFA total terbaik, serta kandungan serat kasar bonggol singkong terendah terjadi pada kombinasi perlakuan A₂T₂ dengan penggunaan aras *Aspergillus niger* 5% dan lama pemeraman 4 hari.

Kata kunci: *Aspergillus niger*, bonggol singkong, kandungan serat kasar, kecernaan serat kasar, VFA parsial dan total

ABSTRACT. The purpose of this study was to determine the effect of *Aspergillus niger* levels and fermentation duration on crude fiber content, crude fiber digestibility, and fermentability in vitro cassava cobs. This experiment used a completely randomized design with 3x3 factorial pattern and 3 replications. Fermentation used 3 *Aspergillus niger* levels (A₀: 0%, A₁: 2,5% dan A₂: 5%) and 3 duration (T₀: 0 days, T₁: 2 days and T₂: 4 days). Observed variables were crude fiber content, crude fiber digestibility, partial volatile fatty acid (VFA) involving acetate, propionate, and butyrate, and total VFA. Data were analyzed using the analysis of variance, then followed by Duncan's Multiple Region Test. The results showed that there was an interaction ($p < 0,05$) between different starter levels and the fermentation duration on crude fiber content, crude fiber digestibility, and fermentability in vitro cassava cobs. The A₂T₂ treatment combination shows the lowest level of crude fiber content (20.12%), the highest level of crude fiber digestibility (41.00%), the highest level of acetate (58.40%), propionate (26.16%), and butyrate (12.73%), and the highest total VFA (95.33%). It can be concluded that the combination of *A. niger* levels and fermentation duration can increase crude fiber digestibility, partial VFA, and total VFA, as well as reducing crude fiber content of cassava cobs. The highest level of crude fiber digestibility, partial VFA, and total VFA, and the lowest crude fiber contents occurred in the combination of A₂T₂ treatment using 5% level of *A. niger* with 4 days of fermentation duration.

Keywords: *Aspergillus niger*, cassava cobs, crude fiber content, crude fiber digestibility, partial and total VFA

PENDAHULUAN

Pada tahun 2019, luas panen singkong di Provinsi Jawa Tengah mencapai 105.075 ha dengan jumlah produksi 2.979.780 ton dan produktivitas 283,59 kuintal/ha (BPS, 2021). Limbah bonggol singkong sebagai hasil samping pertanian menyumbang 10-20% dari berat keseluruhan tanaman singkong. Penggunaan limbah bonggol singkong sebagai bahan pakan

ternak ruminansia menjadi salah satu upaya pemanfaatan limbah tanaman singkong. Disisi lain, limbah tanaman singkong memiliki kandungan serat kasar yang cukup tinggi berupa komponen selulosa 46,38% serta kandungan protein kasar yang rendah yaitu 2,76% (Zhang *et al.*, 2020). Tingginya kandungan serat kasar dapat mengakibatkan nilai kecernaan rendah. Oleh karena itu dalam pemanfaatannya perlu dilakukan proses fermentasi untuk menurunkan kandungan serat, meningkatkan kandungan protein dan kecernaannya. Fermentasi menggunakan kapang *Aspergillus niger* baik dilakukan karena mempunyai sifat selulolitik dan aerobik serta

^{*}Email Korespondensi: budiaris458@gmail.com

Diterima: 12 Februari 2022

Direvisi: 30 Juni 2022

Disetujui: 28 September 2022

DOI: <https://doi.org/10.17969/agripet.v22i2.24805>

dapat tumbuh dengan cepat (Edor *et al.*, 2018; Marlinda *et al.*, 2019). *Aspergillus niger* memproduksi enzim selulase yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi gula yang mudah larut (Hamid *et al.*, 2018). Lama pemeraman dalam proses fermentasi memberikan pengaruh terhadap kualitas kandungan nutrisi bonggol singkong dan peningkatan kecernaannya. Septianto *et al.* (2019) melaporkan lama inkubasi dalam proses fermentasi menggunakan *Aspergillus niger* memberikan pengaruh terhadap nilai nutrisi kelobot jagung, sementara hasil penelitian Optima *et al.* (2019) menunjukkan bahwa peningkatan kecernaan seiring dengan meningkatnya lama pemeraman kulit kacang tanah. Berdasarkan hal tersebut, kajian terkait peningkatan kualitas bonggol singkong melalui proses fermentasi dengan kapang *Aspergillus niger* pada berbagai aras konsentrasi dan lama waktu pemeraman perlu untuk dilakukan. Tujuan dari proses fermentasi diharapkan mampu meningkatkan kualitas bonggol singkong sehingga dapat dijadikan alternatif pakan ternak ruminansia.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai bulan Oktober 2021 di Laboratorium Teknologi Pakan dan Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bonggol singkong giling diperoleh dari Kabupaten Pati, *Aspergillus niger* diperoleh dari Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro Semarang, aquades steril, urea dan molases.

Metode Penelitian

Penelitian ini didesain menggunakan rancangan acak lengkap (RALF) pola faktorial 3×3 dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah perbedaan aras starter (A_0 : 0%, A_1 : 2,5% dan A_2 : 5%) dan faktor kedua adalah lama pemeraman (T_0 : 0 hari, T_1 : 2 hari dan T_2 : 4 hari). Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan. Tahap pertama berupa *enrichment* (pengkayaan) inokulum untuk pembuatan starter, tahap kedua adalah proses fermentasi pada substrat bonggol singkong (perhitungan kadar air sebanyak 60% berdasarkan bahan kering bonggol singkong). Proses fermentasi diawali dengan sterilisasi bonggol singkong sebanyak 4.050 gram menggunakan

autoclave pada suhu 121 °C selama 15 menit. Bonggol singkong steril dibagi menjadi 27 nampan secara aseptis dengan masing-masing nampan berisi 150 gram serta dilakukan penambahan urea sebanyak 0,1% dan molases sebanyak 3% dengan cara dilarutkan kedalam air. Tahap fermentasi meliputi penaburan starter *Aspergillus niger* pada substrat dengan taraf 0%, 2,5% dan 5% dari bahan kering bonggol singkong (40%), kemudian ditutup menggunakan *wrapping plastic* yang dilubangi dengan jarum dan diperam selama (0, 2, 4 hari) pada suhu kamar. Setelah pemanenan, sampel dikeringkan pada suhu 70 °C selama 24 jam untuk menghentikan proses fermentasi. Tahap ketiga adalah analisis sampel bonggol singkong yang diuji kandungan serat kasar (SK) dengan metode AOAC tahun 2005, kecernaan SK (KcSK) dan fermentabilitas (produksi VFA parsial dan total) menggunakan metode Tilley dan Terry (1963).

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% dan apabila terdapat pengaruh perlakuan dilanjutkan dengan Uji Wilayah Ganda Duncan menurut petunjuk Steel dan Torrie (1991) dengan bantuan program SPSS Versi 20.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Serat Kasar (SK)

Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh nyata ($p < 0,05$) kombinasi perlakuan aras konsentrasi starter dan lama waktu pemeraman terhadap kadar SK bonggol singkong (Tabel 1.).

Hasil penelitian menunjukkan kombinasi perlakuan level persentase aras hingga 5% dan lama pemeraman hingga 4 hari menunjukkan adanya interaksi ($p < 0,05$) terhadap kadar serat kasar bonggol singkong. Penambahan starter hingga level 5% dan lama waktu pemeraman hingga 4 hari secara bersama-sama mampu memberi pengaruh terhadap penurunan kadar SK secara nyata ($p < 0,05$). Kandungan SK bonggol singkong terendah terjadi pada perlakuan A_2T_2 (20,12%) dan tertinggi A_0T_0 (33,10%). Penurunan kadar SK berjalan seiring dengan tingginya persentase aras dan lama waktu pemeraman. Semakin tinggi persentase aras starter dan lamanya waktu pemeraman akan memberikan peluang kapang *A.niger* untuk tumbuh secara optimal.

Tabel 1. Kadar serat kasar fermentasi bonggol singkong

Lama pemeraman (Hari)	Starter (%)			Rata – rata (%)
	A ₀	A ₁	A ₂	
	------(%)-----			
T ₀	33,10±0,75 ^a	32,51±0,31 ^{ab}	32,10±0,88 ^b	32,57±0,74
T ₁	33,17±0,86 ^a	26,37±0,53 ^c	24,30±0,43 ^d	27,95±4,06
T ₂	32,07±0,08 ^b	24,08±0,06 ^d	20,12±0,08 ^e	25,76±5,27
Rata-rata	33,11±0,78	27,65±3,79	25,51±5,29	

Superskrip huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

A₀: Penambahan 0% starter; A₁: Penambahan 2,5% starter; A₂: Penambahan 5% starter; T₀: Pemeraman 0 hari; T₁: Pemeraman 2 hari; T₂: Pemeraman 4 hari.

Optimalnya pertumbuhan kapang *A.niger* menyebabkan peningkatan aktivitas *A.niger* dalam mendegradasi SK bonggol singkong, sehingga terjadi penurunan kadar SK. Kecepatan pertumbuhan mikroba dalam perannya sebagai penghasil enzim yang merombak substrat menjadi lebih sederhana ditentukan oleh tingkat penambahan aras starter. Menurut Nababan *et al.* (2019), enzim selulase merupakan enzim multi kompleks yang terdiri dari atas tiga komponen, yaitu enzim C₁ (eksoglukanase), C_x (endoglukanase) dan β -glukosidase atau selobiase. Jayasekara dan Ratnayake (2019) menyatakan bahwa enzim eksoglukanase dan endoglukanase bekerja secara bersama-sama untuk mendegradasi selulosa. Enzim C₁ bekerja pada daerah ikatan selulosa kristalin dan merombak menjadi amorf dengan struktur ikatan yang lebih renggang, sedangkan enzim C_x akan menghidrolisis selulosa amorf menjadi glukosa dan selobiosa, selanjutnya enzim β -glukosidase menghidrolisis selobiosa menjadi dua molekul glukosa. *Aspergillus niger* merupakan kapang yang mampu menghidrolisis selulosa dengan ikatan glikosidik beta-1,4 menjadi glukosa, selanjutnya glukosa tersebut akan dijadikan sumber energi dan sumber karbon untuk kebutuhan hidup kapang (Pambudi *et al.*, 2019). Menurut Lestari *et al.* (2021), jika *Aspergillus niger* tumbuh dengan baik maka akan mengoptimalkan perannya dalam menghasilkan enzim selulase yang berfungsi dalam perombakan dan penurunan serat kasar. Hal tersebut dibuktikan dengan kapang *A.niger* yang mampu mendegradasi dan menurunkan serat kasar bonggol singkong dari 33,10% menjadi 20,12% pada akhir proses fermentasi hari ke 4 dengan aras starter 5%. Hasil penelitian Amrullah *et al.* (2019) fermentasi sekam padi menggunakan *Aspergillus niger* mampu menurunkan serat kasar dari 53,63% menjadi 42,89% pada akhir proses fermentasi hari ke 15 dengan aras starter 5%. Hal tersebut menunjukkan bonggol singkong yang difermentasi menggunakan *A.niger* dengan pemeraman selama

4 hari dan starter 5%, terjadi penurunan yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya.

Kecernaan Serat Kasar (KcSK)

Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh nyata ($p < 0,05$) kombinasi perlakuan aras konsentrasi starter dan lama waktu pemeraman terhadap KcSK bonggol singkong (Tabel 2.).

Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh interaksi penambahan persentase aras starter *A. niger* dan lama waktu pemeraman terhadap KcSK bonggol singkong ($p < 0,05$). Peningkatan aras starter hingga level 5% dan lama pemeraman hingga 4 hari, secara beriringan mampu meningkatkan KcSK secara nyata ($p < 0,05$). Kedua faktor tersebut bersama-sama saling memberikan pengaruh dalam peningkatan KcSK. Nilai KcSK bonggol singkong tertinggi terjadi pada perlakuan A₂T₂ (41,00%) dan terendah pada perlakuan A₁T₀ (30,37%). Hasil penelitian Ahmad *et al.* (2020) menunjukkan fermentasi kelobot jagung menggunakan *Aspergillus niger* mampu meningkatkan KcSK 40,47% menjadi 54,39%.

Peningkatan KcSK terjadi seiring penambahan aras konsentrasi dan lama pemeraman. Semakin tingginya aras konsentrasi dan lama pemeraman menghasilkan peningkatan jumlah sel kapang, sehingga kinerja enzim selulase semakin baik. Proses fermentasi dengan bantuan *Aspergillus niger* memproduksi enzim selulase yang mengurai ikatan selulosa maupun hemiselulosa sehingga meningkatkan KcSK (Ahmad *et al.*, 2020). Alauddin *et al.* (2019) menambahkan bahwa proses fermentasi akan memungkinkan pelonggaran ikatan selulosa-lignin dan hemiselulosa-lignin, sehingga memudahkan penetrasi enzim yang dihasilkan mikroba ke dalam ikatan serat tersebut dan pencernaan meningkat. Tingginya pencernaan mengindikasikan bahwa kualitas bahan pakan semakin baik untuk dicerna dan bisa diserap dalam saluran pencernaan.

Tabel 2. Kecernaan serat kasar (KcSK) bonggol singkong

Lama pemeraman (Hari)	Starter (%)			Rata – rata (%)
	A ₀	A ₁	A ₂	
	------(%)-----			
T ₀	31,18±0,16 ^{de}	30,37±0,31 ^e	31,71±1,21 ^d	31,09±0,86
T ₁	31,44±0,39 ^{de}	34,26±0,04 ^c	36,32±1,09 ^b	34,01±2,20
T ₂	31,46±0,28 ^{de}	36,32±0,19 ^b	41,00±0,60 ^a	36,26±4,14
Rata-rata	31,36±0,29	33,65±2,62	36,34±4,11	

Superskrip huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

A₀: Penambahan 0% starter; A₁: Penambahan 2,5% starter; A₂: Penambahan 5% starter; T₀: Pemeraman 0 hari; T₁: Pemeraman 2 hari; T₂: Pemeraman 4 hari.

Asam Asetat (mM)

Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) kombinasi perlakuan aras konsentrasi starter dan lamanya waktu pemeraman terhadap asam asetat (Tabel 3.).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaksi kombinasi pada perlakuan persentase aras konsentrasi starter dan lamanya waktu pemeraman pada konsentrasi asam asetat bonggol singkong ($p < 0,05$). Peningkatan aras starter hingga level 5% dan lama waktu pemeraman hingga 4 hari secara beriringan saling memberikan pengaruh dalam meningkatkan asam asetat secara nyata ($p < 0,05$). Asam asetat merupakan salah satu komponen utama *Volatile Fatty Acid* produk fermentasi rumen. Hasil penelitian sebelumnya oleh Lubis *et al.* (2002) menunjukkan penambahan *Aspergillus oryzae* mampu meningkatkan produk fermentasi rumen berupa peningkatan kadar asetat, sementara Nuswantara *et al.* (2021) menambahkan bahwa lama pemeraman memberikan kesempatan substrat untuk dapat berinteraksi dengan enzim mikrobial rumen lebih lama sehingga produksi komponen VFA akan meningkat. Hal tersebut menandakan bahwa faktor penambahan aras

konsentrasi starter dan lama waktu pemeraman secara bersama-sama saling memberikan pengaruh terhadap konsentrasi asam asetat.

Peningkatan konsentrasi asam asetat dipengaruhi peningkatan kecernaan serat kasar (Tabel 2), hal ini sejalan dengan pendapat Hikmawan *et al.* (2019) yang menyatakan apabila kecernaan serat kasar di dalam pakan cukup tinggi, maka produk fermentasi yang dihasilkan sebagian besar terdiri dari asam asetat. *Aspergillus niger* mampu merenggangkan ikatan lignoselulosa dan lignohemiselulosa sehingga penetrasi enzim selulase dan hemiselulase yang dihasilkan oleh kapang mampu mencerna selulosa dan hemiselulosa dengan baik pada bonggol singkong tersebut yang merupakan sumber asam asetat. Laikha *et al.* (2019) menambahkan peningkatan asetat juga dapat dipengaruhi oleh kandungan serat kasar yang berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin yang kemudian dicerna oleh mikroba rumen menghasilkan gula-gula sederhana, selanjutnya akan mengalami proses glikolisis menjadi asam piruvat melalui oksidasi glukosa secara anaerob. Asam piruvat kemudian akan diubah menjadi asetat, propionat dan butirat.

Tabel 3. Konsentrasi asetat bonggol singkong (mM)

Lama pemeraman (Hari)	Starter (%)			Rata – rata
	A ₀	A ₁	A ₂	
	------(mM)-----			
T ₀	35,07±0,95 ^c	36,15±1,75 ^c	37,41±0,50 ^c	36,21±1,44
T ₁	37,25±0,77 ^c	40,33±2,18 ^{bc}	53,95±7,06 ^a	43,84±8,58
T ₂	37,72±3,12 ^c	45,51±4,97 ^b	58,40±3,43 ^a	47,21±9,66
Rata-rata	36,68±2,07	40,66±4,96	49,92±10,35	

Superskrip huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

A₀: Penambahan 0% starter; A₁: Penambahan 2,5% starter; A₂: Penambahan 5% starter; T₀: Pemeraman 0 hari; T₁: Pemeraman 2 hari; T₂: Pemeraman 4 hari.

Konsentrasi asam asetat bonggol singkong paling tinggi berada pada kombinasi penggunaan aras konsentrasi starter sebanyak 5% serta lama waktu pemeraman selama 4 hari dengan nilai sebesar 58,40 mM. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi bonggol singkong dengan bantuan

kapang *Aspergillus niger* pada berbagai konsentrasi aras dan lama waktu pemeraman mampu meningkatkan konsentrasi asam asetat. Hal tersebut terjadi karena bonggol singkong mengandung serat kasar tinggi yaitu sebesar (33,10%) dan *Neutral Detergent Fiber* (53,65%),

sehingga bahan pakan tersebut memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Selulosa merupakan karbohidrat struktural yang bila difermentasi di dalam rumen maka akan menghasilkan banyak asam asetat.

Nurcahyanti *et al.* (2020) menyatakan tingginya kandungan serat kasar bahan pakan menyebabkan konsentrasi asam asetat yang tinggi pada hasil proses pencernaannya. Susilo *et al.* (2019) menyatakan kandungan selulosa dan NDF bahan pakan mampu memengaruhi konsentrasi asam asetat.

Asam Propionat (mM)

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat pengaruh nyata ($p<0,05$) kombinasi perlakuan aras konsentrasi starter dan lamanya waktu pemeraman pada asam propionat bonggol singkong (Tabel 4.).

Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh interaksi ($p<0,05$) pada kombinasi perlakuan berbagai penggunaan aras dan lama waktu pemeraman terhadap asam propionat bonggol singkong. Penambahan aras starter sampai 5% dan lama pemeraman 4 hari secara bersamaan memberikan pengaruh peningkatan asam propionat secara nyata ($p<0,05$). Asam propionat merupakan salah satu komponen *Volatile Fatty Acid* yang dihasilkan akibat proses fermentasi rumen. Hasil penelitian sebelumnya oleh Lubis *et al.* (2002) menunjukkan penambahan *Aspergillus oryzae* 5-10% dari pakan yang diberikan, mampu meningkatkan konsentrasi asam propionat rumen, sementara Nuswantara *et al.* (2021) menambahkan bahwa lama pemeraman memberikan kesempatan substrat untuk dapat berinteraksi dengan enzim mikrobial rumen lebih

lama sehingga produksi komponen VFA akan meningkat. Aras starter dan lama pemeraman secara bersama saling memengaruhi konsentrasi asam propionat. Konsentrasi asam propionat bonggol singkong tertinggi berada pada kombinasi perlakuan A₂T₂ yaitu sebesar 26,16 mM. Bonggol singkong yang difermentasi menggunakan kapang *Aspergillus niger* dengan konsentrasi dan lama waktu pemeraman yang berbeda mampu menghasilkan peningkatan konsentrasi propionat. Bonggol singkong mengandung karbohidrat struktural berupa selulosa yang tinggi. Enzim selulase yang dihasilkan starter *A.niger* membantu degradasi selulosa menjadi selobiosa serta akan dipecah menjadi gula sederhana. Gula-gula sederhana tersebut selanjutnya melalui proses glikolisis menjadi asam piruvat. Pada proses berikutnya asam piruvat akan berubah menjadi komponen *Volatile Fatty Acid* berupa asam asetat, asam propionat dan asam butirat, serta menghasilkan produk lain seperti karbondioksida, H₂O dan metan (Widodo *et al.*, 2012 ; Dewi *et al.*, 2019). Hilali *et al.* (2018) menyatakan kandungan bahan pakan yang memiliki karbohidrat yang mudah difermentasi cenderung akan menghasilkan asam propionat tinggi. Suharlina *et al.* (2019) menambahkan bahwa karbohidrat yang mudah didegradasi di dalam rumen dapat meningkatkan nilai konsentrasi asam propionat di dalam rumen. Asam propionat merupakan asam yang bersifat glukogenik. Firmanto *et al.* (2020) menyatakan peran asam propionat adalah sebagai prekursor dalam sintesis glukosa darah dan memiliki sifat glukogenik.

Tabel 4. Konsentrasi propionat bonggol singkong (mM)

Lama pemeraman (Hari)	Starter (%)			Rata – rata
	A ₀	A ₁	A ₂	
	----- (mM) -----			
T ₀	15,67±0,62 ^d	15,76±0,76 ^d	18,15±0,39 ^{cd}	16,53±1,33
T ₁	16,03±0,87 ^d	18,89±1,20 ^c	24,00±0,59 ^a	19,71±3,67
T ₂	16,55±1,25 ^{cd}	21,46±2,55 ^b	26,16±2,73 ^a	21,39±4,60
Rata-rata	16,08±0,91	18,70±2,87	22,84±3,88	

Superskrip huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p<0,05$).

A₀: Penambahan 0% starter; A₁: Penambahan 2,5% starter; A₂: Penambahan 5% starter; T₀: Pemeraman 0 hari; T₁: Pemeraman 2 hari; T₂: Pemeraman 4 hari.

Asam Butirat (mM)

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh yang nyata ($p<0,05$) kombinasi perlakuan aras konsentrasi starter dan lama waktu pemeraman pada asam butirat bonggol singkong (Tabel 5.).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi menghasilkan pengaruh interaksi ($p<0,05$) pada konsentrasi asam butirat. Persentase aras starter hingga 5% dan lama pemeraman hingga 4 hari secara bersama memengaruhi secara nyata ($p<0,05$) terhadap asam butirat bonggol singkong. Konsentrasi asam butirat bonggol

singkong paling tinggi berada pada kombinasi perlakuan penggunaan aras konsentrasi starter sebanyak 5% dan waktu pemeraman selama 4 hari sebesar 12,73 mM. Hasil penelitian Lubis *et al.* (2002) menunjukkan penambahan *A. oryzae* pada pakan yang diberikan mampu meningkatkan konsentrasi asam butirat rumen sebesar 6,97 mM, sementara penelitian yang dilakukan Ekawati *et al.* (2015) pada ransum pakan komplit berbahan enceng gondok menggunakan starter *L. plantarum* memiliki konsentrasi butirat 9,11 mM. Nuswantara *et al.* (2021) menambahkan bahwa lama pemeraman memberikan kesempatan substrat untuk dapat berinteraksi dengan enzim mikrobial rumen lebih lama sehingga produksi komponen VFA akan meningkat. Hasil fermentasi bonggol singkong dengan *Aspergillus niger* pada berbagai konsentrasi dan lama waktu pemeraman mampu menunjukkan konsentrasi asam butirat lebih tinggi dibandingkan dari hasil penelitian sebelumnya dengan substrat dan starter yang berbeda. Peningkatan asam butirat terjadi karena *Aspergillus niger* mampu merenggangkan ikatan

lignoselulosa dan lignohemiselulosa sehingga penetrasi enzim selulase dan hemiselulase yang dihasilkan oleh kapang mampu mencerna selulosa dan hemiselulosa dengan baik pada bonggol singkong tersebut yang merupakan sumber asam butirat. Bonggol singkong mengandung karbohidrat struktural (selulosa dan hemiselulosa). Karbohidrat akan didegradasi menjadi glukosa kemudian akan dipecah menjadi asam piruvat selanjutnya asam piruvat diubah menjadi asam butirat (Suwandayastuti dan Rimbawanto, 2015). Rahayu *et al.* (2018) menyatakan proses sintesis asam butirat berkaitan erat dengan sintesis asam asetat, sehingga terjadinya peningkatan nilai konsentrasi asam asetat akan diikuti dengan peningkatan nilai konsentrasi asam butirat. Tingginya konsentrasi asam butirat pada fermentasi bonggol singkong karena kandungan serat kasar berupa hemiselulosa yang tinggi. Serat kasar berkontribusi besar dalam peningkatan konsentrasi asam butirat melalui proses fermentasi di dalam rumen dan usus besar (Miguel *et al.*, 2019).

Tabel 5. Kadar butirat bonggol singkong (mM)

Lama pemeraman (Hari)	Starter (%)			Rata – rata
	A ₀	A ₁	A ₂	
	(mM)			
T ₀	7,88±0,35 ^d	7,95±0,38 ^d	8,42±0,69 ^d	8,08±0,50
T ₁	8,24±0,46 ^d	8,78±0,48 ^d	11,70±1,24 ^b	9,57±1,76
T ₂	8,50±0,09 ^d	10,42±0,62 ^c	12,73±0,21 ^a	10,55±1,87
Rata-rata	8,21±0,40	9,05±1,17	10,95±2,08	

Superskrip huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

A₀: Penambahan 0% starter; A₁: Penambahan 2,5% starter; A₂: Penambahan 5% starter; T₀: Pemeraman 0 hari; T₁: Pemeraman 2 hari; T₂: Pemeraman 4 hari.

VFA (Volatile Fatty Acid) Total (mM)

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) kombinasi perlakuan aras konsentrasi starter dan lama waktu pemeraman terhadap VFA total (Tabel 6.).

Hasil penelitian menunjukkan kombinasi perlakuan persentase penambahan aras konsentrasi starter dan lama pemeraman menghasilkan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) pada VFA Total bonggol singkong. Penambahan aras starter hingga 5% dan waktu pemeraman selama 4 hari secara bersama saling memengaruhi untuk meningkatkan VFA Total secara nyata ($p < 0,05$). Hal ini menandakan bahwa kedua faktor tersebut secara bersama-sama saling memengaruhi meningkatkan VFA total. Laikha *et al.* (2019) menyatakan enzim yang dihasilkan oleh *A. niger* menyebabkan depolimerisasi dan lignifikasi, maka akan menyebabkan renggangnya ikatan lignin dan selulosa, sehingga bonggol mudah difermentasi

dan dihidrolisis oleh mikroorganisme dan akan menyebabkan peningkatan VFA total, sementara Muhammad *et al.* (2020) menambahkan bahwa semakin banyak konsentrasi aras dan lama waktu pemeraman akan meningkatkan aktivitas enzim selulase dan amilase sehingga pemecahan karbohidrat kompleks menjadi gula sederhana lebih optimal dan berakibat pada peningkatan fermentabilitas dan kadar VFA total. Penelitian yang dilakukan Wajizah *et al.* (2015) menunjukkan fermentasi pelepah sawit menggunakan *Aspergillus niger* mampu meningkatkan VFA berkisar antara 75,25 mM sampai dengan 96,58 mM. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi bonggol singkong menggunakan *Aspergillus niger* sebanyak 5% dan pemeraman sampai 4 hari mampu meningkatkan produksi VFA pada kisaran penelitian sebelumnya.

Tabel 6. Produksi VFA total bonggol singkong (mM)

Lama pemeraman (Hari)	Starter (%)			Rata – rata
	A ₀	A ₁	A ₂	
	----- (mM) -----			
T ₀	58,62±1,80 ^c	61,52±2,09 ^c	64,06±0,82 ^c	61,40±2,76
T ₁	59,86±2,89 ^c	68,00±3,72 ^c	91,80±11,03 ^a	73,22±15,57
T ₂	62,69±5,02 ^c	77,39±8,10 ^b	95,33±4,17 ^a	78,47±15,08
Rata-rata	60,39±3,53	68,97±8,29	83,73±15,97	

Superskrip huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

A₀: Penambahan 0% starter; A₁: Penambahan 2,5% starter; A₂: Penambahan 5% starter; T₀: Pemeraman 0 hari; T₁: Pemeraman 2 hari; T₂: Pemeraman 4 hari.

Tingginya produksi VFA berperan dalam mendukung proses terjadinya sintesis protein mikrobial di dalam rumen. Hungate (1966) menyatakan produksi VFA optimal berkisar antara 80-160 mM. VFA berfungsi sebagai penghasil energi yang utama bagi ternak ruminansia serta kerangka karbon dalam pembentukan protein mikrobial (Nuswantara *et al.*, 2021). Rahayu *et al.* (2018) menyatakan faktor-faktor yang memengaruhi tingkat konsentrasi VFA total adalah tinggi rendahnya proses fermentabilitas pakan, karbohidrat mudah larut, bakteri rumen serta nilai pencernaan pakan. Tingginya tingkat fermentabilitas bahan pakan berpengaruh pada peningkatan produksi VFA (Susilo *et al.*, 2019; Nuswantara *et al.*, 2021). Hal ini didukung dengan hasil tingginya nilai KcSK (Tabel 2) sehingga mengakibatkan tingginya konsentrasi VFA Total. Konsentrasi VFA yang tinggi di dalam cairan rumen, mengindikasikan bahwa proses fermentasi berjalan cukup baik. Hal tersebut akan mengakibatkan sumber energi ternak nantinya dapat tercukupi. Konsentrasi VFA total menggambarkan tingkat kelarutan bahan pakan selama terjadinya proses fermentasi di dalam rumen (Izzatullah *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa peningkatan persentase aras starter 5% dan lama pemeraman sampai 4 hari merupakan level terbaik dalam menurunkan serat kasar dan meningkatkan pencernaan serat kasar, meningkatkan produksi asam lemak terbang/volatile fatty acids (asam asetat, propionat, butirat) dan VFA total bonggol singkong.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., Tampoebolon, B. I. M., Subrata, A., 2020. Pengaruh perbedaan aras *Aspergillus niger* dan lama peram terhadap pencernaan protein kasar dan serat kasar fermentasi kelobot jagung amoniasi secara *in vitro*. *J. Sain Peternakan Indonesia*. 15(1): 1-6.
- Alauddin, M. A., Muwakhid, B., & Wadjdi, M. F 2019, Pengaruh alkalinasi larutan kapur dan fermentasi jerami jagung menggunakan *Aspergillus niger* terhadap kandungan bahan ekstrak tanpa nitrogen dan pencernaan bahan kering, bahan organik secara *in vitro*. *J. Rekayasa Peternakan*. (1)1: 77–83.
- Amrullah, M., Tampoebolon, B. I. M., Prasetyono, B.W., 2019, Kajian pengaruh proses fermentasi sekam padi amoniasi menggunakan *Aspergillus niger* terhadap serat kasar, protein kasar, dan total digestible nutrients. *J. Pengembangan Penyuluhan Pertanian*. 16(29): 25-31.
- BPS. 2021. Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Ubi Kayu dan Ubi Jalar Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah, 2019. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Dilihat pada 26 Februari 2022. https://jateng.bps.go.id/statistable/2021/04/15/2453/luas_panen_produksi_dan Produktivitas_ubi_kayu_dan_ubi_jalar_menurut_kabupaten_kota_di_provinsi_jawa_tengah_2019.html.
- Dewi, A. A., Tampoebolon, B. I. M., Pangestu, E., 2019. Pengaruh lama fermentasi kulit kacang tanah teramoniasi terhadap kandungan bahan kering total, Neutral Detergent Fiber dan Acid Detergent Fiber. *Agromedia*. 37(2): 34–42.
- Edor, S. P., Edogbanya, O. P., Kutshik, J. R., 2018. Cellulase activity of *Aspergillus niger* in the biodegradation of rice husk.

- MOJ Biol. Medicine. 3(2) 49–51.
- Ekawati, E., Muktiani, A., Sunarso., 2015. Pengaruh penggunaan starter *Lactobacillus plantarum* pada silase ransum komplit berbahan eceng gondok terhadap VFA parsial, produksi gas. *J. Ilmu dan Teknologi Peternakan*. 4(1):1-6.
- Firmanto, A. D., Hartati, E., Lestari, G. A. Y., 2020. Pengaruh pemberian pakan komplit fermentasi serasah gamal dan batang pisang terhadap konsumsi dan pencernaan serat kasar, konsentrasi *Volatile Fatty Acid* dan glukosa darah. *J. Nukleus Peternakan*. (7)2: 161–171.
- Hamid, A., Christwardana, M., Hadiyanto, H., 2018. Optimization of cellulase production by *Aspergillus niger* ITBCC L74 with bagasse as substrate using response surface methodology. *HAYATI J. Biosciences*. 25(3): 115–125.
- Hikmawan, D., Erwanto, M., Fathul, F., 2019. Pengaruh substitusi rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dalam pakan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap konsentrasi VFA parsial dan estimasi produksi gas metana secara *in-vitro*: *J. Riset dan Inovasi Peternakan*. 3(1): 12-18.
- Hilali, M., Rischkowsky, B., Iniguez, L., Mayer, H., Schreiner, M., 2018. Changes in the milk fatty acid profile of Awassi sheep in response to supplementation with agro-industrial by-products. *Small Ruminant Res*. 166: 93-100.
- Hungate, R. E., 1966. *The Rumen and its Microbes*. 1st edn. Academic Press, New York.
- Izzatullah, A. Y., Sutrisno., Nuswantara, L. K., 2018. Produksi VFA, NH₃, dan protein total secara *in vitro* pada fodder jagung hidroponik dengan media perendaman dan penggunaan dosis pupuk yang berbeda. *J. Ilmu dan Teknologi Peternakan*. 6(1): 13–18.
- Jayasekara, S., Ratnayake, R., 2019. Microbial Cellulases: An Overview and Applications., in Pascual, A. R. and Martin, M. E. E. (eds) *Intech Open*, London.
- Laikha., U., Tampoebolon, B. I. M., Subrata, A 2019. Pengaruh lama peram proses fermentasi kulit kacang tanah amoniasi dengan *Aspergillus niger* terhadap produksi VFA dan NH₃ secara *in vitro*. *J. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 17(3): 69-72.
- Lestari, D., Sukaryani, S., Yakin, E. A., 2021. Perbandingan lama fermentasi menggunakan *Aspergillus niger* terhadap kadar nutrisi kulit kentang. *J. Sains dan Teknologi Industri Peternakan*. 1(2): 6–10.
- Lubis, D, Elizabeth, W., Haryanto, B., Suhargiyantatmo, T., 2002. Feeding *Aspergillus oryzae* fermentation culture (AOFC) to growing sheep : 1 . the effect of AOFC on rumen fermentation. *J. Ilmu Ternak dan Veteriner*. 7(3):155–161.
- Marlinda, Mardhiyah, N., Irwan, M., Ramli., 2019. Citric acid production from molasses use biosynthesis *Aspergillus niger*. *Inter. J. Scientific Technol. Res*. 8(6): 357–360.
- Miguel, M. A., Lee, S. S., Mamuad, L. L., Choi, Y. J., Jeong, C. D., Son, A., Cho, K.K., Kim, E. T., Kim, S. B., Lee, S. S., 2019. Enhancing butyrate production, ruminal fermentation and microbial population through supplementation with *Clostridium saccharobutylicum*. *J. Microbiol. Biotechnol*. 29(7): 1083–1095.
- Muhammad, S. D., Subrata, A., Surahmanto, S., Achmadi, J., 2020. Kecernaan dan fermentabilitas ruminal *in vitro* onggok yang difermentasi *Trichoderma reesei* dengan suplementasi N, S dan P. *Bulletin Appl. Anim. Res*. 2(2): 61-66.
- Nababan, M., Gunam, I. B. W., Mahaputra Wijaya, I. M., 2019. Produksi enzim selulase kasar dari bakteri selulolitik. *J. Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(2): 190–199.
- Nurcahyanti, B. T., Hartanto, R., Harjanti, D. W., 2020. Konsumsi serat kasar, pencernaan serat kasar dan produksi lemak susu dengan pemberian tepung temulawak (*Curcuma xanthorrhiza Roxb.*) pada sapi laktasi. *J. Peternakan Sriwijaya*. 9(2): 35–43.
- Nuswantara, L. K., Pangestu, E., Sunarso, S., Christiyanto, M., 2021. Kecernaan, fermentabilitas dan produksi protein

- mikrobia secara *in vitro* pada complete feed berbasis pelepah sawit fermentasi. *J. Agripet*. 21(2): 192-199.
- Nuswantara, L. K., Pangestu, E., Sunarso, S., Christiyanto, M., 2021. Kecernaan, fermentabilitas dan produksi protein ruminal pelepah sawit yang difermentasi dengan isolat mikrobia rumen kerbau secara *in vitro*. *Livestock Anim. Res.* 19(3) 291–300.
- Optima, D., Tampoebolon, B. I. M., Surono., 2019. Pengaruh lama peram fermentasi kulit kacang tanah teramoniasi terhadap kehilangan bahan organik, kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik secara *in vitro*. *Agromedia*. 37(2): 43-49.
- Pambudi, D. S., Tampoebolon, B. I. M., Surahmanto, S., 2019. Pengaruh perbedaan aras starter *Aspergillus niger* pada proses amofer sekam padi terhadap kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa. *J. Penelitian Peternakan Terpadu*. 1(1): 41–51.
- Rahayu, R. I., Subrata, A., Achmadi, J., 2018. Fermentabilitas ruminal *in vitro* pada pakan berbasis jerami padi amoniasi dengan suplementasi tepung bonggol pisang dan molases. *J. Peternakan Indonesia*. 20(3): 166–174.
- Septianto, R., Tampoebolon, B. I. M., Prasetyono, B. W. H. E., 2019. Pengaruh perbedaan aras starter dan lama pemeraman terhadap kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik secara *in vitro* fermentasi kelobot jagung (zea mays) teramoniasi. *J. Sain Peternakan Indonesia*. 14(4): 411–417.
- Steel, R. G., Torrie, J. H. 1991. *Prinsip dan prosedur statistik, suatu pendekatan biometrik*. edisi 2. alih bahasa B. Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suharlina, Abdullah, L., Lubis, A. D., 2019. Kualitas nutrisi hijauan (*Indigofera zollingerina*) yang diberi pupuk organik cair asal limbah industri penyedap masakan. *J. Pertanian Terpadu*. 7(1): 28–37.
- Susilo, E., Nuswantara, L. K., Pangestu, E., 2019. Evaluasi bahan pakan hasil samping industri pertanian berdasarkan parameter fermentabilitas ruminal secara *in vitro*. *J. Sain Peternakan Indonesia*. 14(2): 128–136.
- Suwandyastuti, S. N. O., Rimbawanto, E. A., 2015. Produk metabolisme rumen pada sapi perah laktasi. *J. Agripet*. 15(1): 1-6.
- Tilley, J. M. A., Terry, D. R., 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. the British Grassland Soc.* 18(2): 104-111.
- Wajizah, S., Samadi, S., Usman, Y., Mariana, E., 2015. Evaluasi nilai nutrisi dan kecernaan *in vitro* pelepah kelapa sawit (oil palm fronds) yang difermentasi menggunakan *Aspergillus niger* dengan penambahan sumber karbohidrat yang berbeda. *J. Agripet*. 15(1): 13-19.
- Widodo, Wahyono, F., Sutrisno., 2012, Kecernaan bahan kering, kecernaan bahan organik, produksi VFA dan NH₃ pakan komplit dengan level jerami padi berbeda secara *in vitro*. *Anim. Agric. J.* 1(1): 215–230.
- Zhang, Gu, J, Yuan, H., Chen, Y., 2020. Thermal behaviors and kinetics for fast pyrolysis of chemical pretreated waste cassava residues. *Energy*. 208: 1–11.