

## Potensi Cairan Omasum Sapi untuk Ketercernaan Tiga Jenis Bahan Organik sebagai Sumber Bioetanol Generasi Ke-2

### Potential of Cow Omasum Liquid for the Digestibility of Three Types of Organic Material as a Source of 2nd Generation Bioethanol

Endah Dwi Hastuti\*, Riska Amalia, Munifatul Izzati

Program Studi Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang 50275

\*Email : endah\_pdil@yahoo.com

Diterima 22 November 2023 / Disetujui 29 April 2024

#### ABSTRAK

Cairan omasum sapi mengandung berbagai *microbiome* yang dapat mendelignifikasi dan menghidrolisis selulosa sehingga berpotensi digunakan dalam pembuatan bioetanol G2 dari daun mangga, daun pisang, dan kapas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan pH, kadar gula, keanekaragaman *microbiome*, perubahan struktur anatomi daun mangga, daun pisang, dan kapas yang direndam dalam cairan omasum. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 6 perlakuan, yaitu daun mangga omasum, kontrol daun mangga, daun pisang omasum, kontrol daun pisang, kapas omasum, dan kontrol kapas, masing-masing perlakuan dengan 3 ulangan. Parameter yang diamati adalah pH, kadar gula, dan *microbiome* yang dianalisis One-Way ANOVA dilanjutkan uji Duncan, serta struktur anatomi ketercernaan dianalisis secara kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan cairan omasum sapi meningkatkan pH daun mangga, daun pisang, dan kapas dengan kadar gula daun mangga 1,33%, daun pisang 0% dan kapas 0,08%. *Microbiome* daun mangga omasum sebanyak 2,66 spesies, daun pisang omasum 3,58 spesies, dan kapas omasum 4,08 spesies. Ketercernaan anatomi daun mangga akibat cairan omasum ditandai adanya ruang antar sel pada parenkim, pada daun pisang tidak dijumpai stomata dan sel epidermis membesar, pada kapas lebih tipis dan tanpa torsi.

*Kata kunci : cairan omasum; ketercernaan; bahan organik; bioetanol G2*

#### ABSTRACT

Cow omasum fluid contains various microbiomes that can delignify and hydrolyze cellulose so it has potential to be used in making G2 bioethanol from mango leaves, banana leaves, and cotton. This research aims to analyze differences pH, sugar content, microbiome diversity, anatomical structure changes of mango leaves, banana leaves and cotton soaked in omasum fluid. The research used a Completely Randomized Design with 6 treatments are mango omasum leaves, control mango leaves, banana leaves omasum, control banana leaves, cotton omasum, and control cotton, each treatment with 3 replications. The parameters observed were pH, sugar content and microbiome which were analyzed by One-Way ANOVA followed by Duncan's test, and the anatomical structure of digestibility was analyzed qualitatively. The research results showed that cow omasum fluid increased the pH of mango leaves, banana leaves and cotton with the sugar content of mango leaves 1.33%, banana leaves 0% and cotton 0.08%. The microbiome of mango omasum leaves was 2.66 species, banana leaf omasum 3.58 species, and cotton omasum 4.08 species. The anatomical digestibility were caused by omasum liquid of mango leaves is characterized by intercellular spaces in the parenchyma, banana leaves have no stomata and enlarged epidermal cells, and cotton is thinner and without torsion.

*Keywords : omasum fluid; digestibility; organic material; bioethanol G2*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi hingga saat ini masih mengandalkan energi bahan bakar fosil terutama minyak bumi. Hal ini menyebabkan cadangan minyak bumi semakin langka dan mahal harganya (Widayana, 2012). Bioetanol merupakan *biofuel* terbarukan yang dapat menjadi alternatif bahan bakar fosil. Produksi bioetanol saat ini lebih ditekankan pada bioetanol G2 daripada bioetanol G1 karena bahan bakunya menggunakan limbah lignoselulosa dan tidak berkompetisi dengan produksi bahan pangan dan pakan (Muktham *et al.*, 2016). Daun mangga, daun pisang, dan kapas berpotensi dijadikan bahan baku bioetanol G2 karena ketersediaannya melimpah di Indonesia dan kurang dimanfaatkan padahal mengandung selulosa cukup tinggi. Selulosa dihidrolisis menjadi gula (glukosa) lalu difermentasi menghasilkan bioetanol. Daun mangga mengandung selulosa 31,23%, hemiselulosa 28,02%, dan lignin 10,56% (Akhtar *et al.*, 2016). Daun pisang mengandung selulosa 53,5%, hemiselulosa 28,5%, dan lignin 15,4% (Fernandes *et al.*, 2013). Kapas mengandung selulosa 89,7%, hemiselulosa 1,0%, dan lignin 2,7% (Dorez *et al.*, 2014). Keberadaan lignin menghambat ketercernaan (*digestibility*) selulosa dan hemiselulosa. Kandungan lignin menyebabkan selulosa sulit dihidrolisis enzim selulase sehingga diperlukan *pretreatment*/delignifikasi (Loebis dkk., 2015).

Perut sapi terbagi 4 kompartemen dimulai dari rumen sebagai tempat fermentasi dan pencernaan serat kasar pakan, dilanjutkan ke retikulum lalu omasum untuk penyerapan kadar air berlebih, serta abomasum untuk pencernaan enzimatis (Mirahsanti dkk., 2022). Berbagai macam mikrobiota dalam saluran pencernaan membantu produksi enzim pencernaan bahan organik. Enzim-enzim yang ada dalam pakan segar memiliki peran hingga 60% dalam pencernaan bahan organik. Mikrobiota dalam rumen bertanggung jawab terhadap 50 sampai 82% degradasi dinding sel hijauan pakan ternak (Banerjee, et. al. 2022).

Bakteri, fungi dan protozoa perut ruminansia membentuk simbiosis kompleks dalam mendegradasi dinding sel tumbuhan. Bakteri

mendominasi degradasi selulosa. Jamur rumen berperan mendegradasi partikel besar dan serat tumbuhan yang berfragmen lebih besar serta lebih unggul dalam proses degradasi dinding sel tanaman (Wang & Duan, 2014). Protozoa berperan dalam proses fermentasi karena memiliki kemampuan mendegradasi komponen utama pakan. Diploplastron affine merupakan salah satu protozoa bersilia yang memiliki peran penting dalam rumen. Protozoa tersebut umumnya dijumpai pada hewan ternak dan memiliki kemampuan mencerna selulosa serta karbohidrat asal bijian (Wereszka and Michałowski, 2014). Protozoa Holotrich, memiliki enzim yang mengkatalisis degradasi selulosa dan hemiselulosa. Nagaraja (2016) menyatakan sebagian besar entodiniomorph memanfaatkan berbagai macam substrat. Hampir semua jenis entodiniomorph mampu mencerna bahan tanaman pakan serta memanfaatkan karbohidrat dari dinding sel.

Cairan omasum sapi terdiri atas campuran air, pakan, elektrolit, asam lemak rantai pendek, asam lemak volatil, dan berbagai mikroorganisme. Kandungan *microbiome* melimpah dalam perut sapi khususnya omasum masih kurang dieksplorasi dan berpotensi dikembangkan sebagai sumber enzim hidrolitik untuk berbagai industri (Thapa *et al.*, 2020). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk menguji efektivitas cairan omasum sapi dalam mencerna selulosa menjadi gula dan potensinya sebagai bahan baku bioetanol generasi kedua.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober 2022 hingga Juli 2023 di Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro. Alat utama yang digunakan meliputi pH strip, *hand held refractometer* Atago S/Mill, mikroskop binokuler, optilab, *chopper*, gelas benda, dan gelas penutup. Bahan yang digunakan yaitu cairan omasum sapi, alkohol 70%, air, kapas (*Gossypium sp.*), helaian bagian tengah dari perlakuan daun mangga (*Mangifera indica*), dan daun pisang (*Musa paradisiaca*) kondisi segar.

### Persiapan sampel

Cairan omasum ditambah 100ml air agar lebih encer. Halusan daun dibuat dengan *chopper* daun mangga dan daun pisang. Sampel anatomi dengan memotong daun mangga dan daun pisang ukuran 1x1 cm<sup>2</sup>.

### Pemberian Perlakuan

Kapas yang telah dipisahkan serabut-serabutnya, halusan daun mangga, halusan daun pisang, dan cairan omasum sebanyak 5 ml dimasukkan ke botol sampel sesuai perlakuan lalu diberi 6 ml air, ditutup rapat, dan disimpan di suhu ruang (25°C) selama 4 minggu.

### Pengamatan Parameter

pH, kadar gula, dan *microbiome* diamati seminggu sekali selama 4 minggu. pH diamati dengan pH strip. Kadar gula diamati dengan refractometer. *Microbiome* diamati di mikroskop dengan preparat segar lalu diidentifikasi berdasarkan referensi relevan. Ketercernaan anatomi daun mangga (penampang melintang) dan daun pisang (penampang membujur) minggu ketiga diamati dengan preparat semi permanen sedangkan kapas dengan preparat segar setelah 10 bulan perlakuan.

### Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 6 perlakuan yaitu daun mangga dalam cairan omasum, kontrol daun mangga, daun pisang dalam cairan omasum, kontrol daun pisang, kapas dalam cairan omasum, dan kontrol kapas. Masing-masing 3 kali ulangan.

### Analisis Data

pH, kadar gula, dan *microbiome* dianalisis ANOVA faktor tunggal. Jika ada beda nyata antar perlakuan diuji lanjut uji *Duncan Multiple Range Test* taraf kepercayaan 95%. Ketercernaan anatomi dianalisis kualitatif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### pH dan Kadar Gula

Uji One Way ANOVA pengaruh perlakuan jenis daun terhadap pH menunjukkan nilai  $P=0,000$  ( $<0,05$ ), artinya terdapat perbedaan nyata rata-rata pH antar perlakuan. Uji Duncan pada Tabel 1 menunjukkan pH kontrol daun mangga berbeda nyata dengan perlakuan daun mangga dalam cairan omasum, kontrol kapas berbeda nyata dengan perlakuan kapas dalam cairan omasum. Kontrol daun pisang dan perlakuan daun pisang dalam cairan omasum tidak menunjukkan adanya beda nyata.

Cairan omasum memiliki pH asam lemah mendekati netral sesuai pernyataan Xue *et al* (2018) bahwa cairan omasum memiliki pH 6,57. Daun mangga memiliki pH asam sesuai pernyataan Syihab dkk. (2019) bahwa kandungan senyawa asam seperti mangiferin, fitosterol, fenol, alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan resin dalam ekstrak daun mangga menyebabkan pHnya bersifat asam. Daun pisang memiliki pH basa sesuai pernyataan Khatun *et al* (2019) bahwa ekstrak abu daun pisang bersifat basa karena mengandung unsur logam alkali berupa kalium, kalsium dan natrium dalam jumlah tinggi. Kapas memiliki pH asam sesuai pH mikrokristalin selulosa. Menurut Maemah dan Supriadi (2023), rentang pH selulosa mikrokristal yaitu 5-7,5.

Penambahan cairan meningkatkan pH daun mangga dari 5,00 menjadi 5,50, pH daun pisang dari 7,16 menjadi 7,33, dan pH kapas dari 5,75 menjadi 7,00. Hal ini disebabkan karena perlakuan daun mangga dalam cairan omasum mengandung *microbiome Selenomonas ruminantium, Eubacterium cellulosolvens*, dan *E. xylanophilum*, sedang pada perlakuan daun pisang dalam cairan omasum mengandung *Ruminobacter amylophilus, S. ruminantium, E. cellulosolvens*, dan *E. xylanophilum*, dan pada perlakuan kapas dalam cairan omasum mengandung *R. amylophilus, S. ruminantium, E. cellulosolvens, E. xylanophilum, Isotricha prostoma, Eudiplodinium maggii*, dan *Polyplastron multivesiculatum* (Tabel 2).

Tabel 1. Rata-rata pH dan Kadar Gula (%) setelah Perlakuan Daun Mangga, Daun Pisang, dan Kapas

Perlakuan	pH	Kadar Gula
Daun Mangga + Cairan Omasum	5.50 <sup>b</sup>	1.33 <sup>b</sup>
Kontrol Daun Mangga	5.00 <sup>a</sup>	2.75 <sup>c</sup>
Daun Pisang + Cairan Omasum	7.33 <sup>c</sup>	0.00 <sup>a</sup>
Kontrol Daun Pisang	7.16 <sup>c</sup>	0.00 <sup>a</sup>
Kapas + Cairan Omasum	7.00 <sup>c</sup>	0.08 <sup>a</sup>
Kontrol Kapas	5.75 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan.

Bakteri *S. ruminantium*, *E. cellulosolvens*, *E. xylanophilum*, dan *R. amylophilus* berperan memfermentasi asam laktat menjadi asam lemak volatil (VFA) sehingga mencegah penurunan pH saat diberi pakan berkadar gula tinggi. *S. ruminantium* mendegradasi urea dan *R. amylophilus* mendegradasi protein menjadi ammonia yang bersifat basa sehingga dapat menaikkan pH. Menurut Castillo-González et al (2014), *R. amylophilus* dan *S. ruminantium* menghasilkan VFA berupa asetat, format, propionat, dan suksinat untuk menjaga homeostasis perut ruminansia. Oematan (2023) menambahkan bahwa *Eubacterium* dapat memfermentasi laktat menjadi VFA (asetat, format, butirat), CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. *Selenomonas* (bakteri ureolitik) mampu mendegradasi urea menjadi ammonia. *R. amylophilus* termasuk bakteri proteolitik yang menghasilkan enzim proteinase sehingga mampu mendegradasi protein dari pakan menjadi amonia (NH<sub>3</sub>) yang bersifat basa.

Protozoa *Eudiplodinium maggii*, *I. prostoma*, dan *P. multivesiculatum* berperan memakan bakteri dan karbohidrat yang mudah terfermentasi, fermentasi gula menjadi VFA, serta degradasi protein menjadi ammonia yang bersifat basa sehingga menaikkan pH. Menurut Oematan (2023), *Polyplastron multivesiculatum* termasuk protozoa pemakan segala baik bakteri maupun partikel bahan organik dari pakan. *Isotricha prostoma* termasuk protozoa pengonsumsi bahan organik (gula, peptida, asam nukleat, dan asam amino) dan mampu memfermentasi glukosa, sukrosa, pati dan pektin menghasilkan produk akhir propionat, butirat, asetat, laktat, lipida, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>. *Eudiplodinium* mampu memfermentasi selulosa, pati, dan hemiselulosa menghasilkan asetat, propionat,

butirat, laktat, format, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>. Menurut Ningsih et al (2023), protozoa mencerna dengan cepat butiran pati sehingga laju fermentasi bakteri dalam mengonversi karbohidrat menjadi asam laktat menjadi lebih lambat. Protozoa aktif mendegradasi protein, peptida, dan asam amino yang nantinya menghasilkan ammonia tetapi tingkat pemanfaatannya masih rendah.

Uji One Way ANOVA pengaruh perlakuan jenis daun terhadap kadar gula menunjukkan nilai P=0,000 (<0,05), artinya terdapat pengaruh nyata jenis daun terhadap kadar gula (%). Hasil uji Duncan pada Tabel 1 menunjukkan rata-rata kadar gula yang dihasilkan kontrol daun mangga (2,75%) berbeda nyata dengan perlakuan daun mangga dalam cairan omasum (1,33%), kontrol daun pisang (0%) dengan perlakuan daun pisang omasum (0%), dan kontrol kapas (0%) dengan perlakuan kapas omasum (0,08%) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata.

Perlakuan daun mangga omasum dan perlakuan kapas omasum dapat menghasilkan gula karena mengandung selulosa dan hemiselulosa yang didegradasi oleh *microbiome* omasum. Menurut Akhtar et al (2016), daun mangga mengandung selulosa 31,23%, hemiselulosa 28,02%, dan lignin 10,56%. Menurut Dorez et al (2014), kapas mengandung selulosa 89,7%, hemiselulosa 1,0%, dan lignin 2,7%. Daun mangga omasum mengandung *S. ruminantium*, *E. cellulosolvens*, dan *E. xylanophilum*, sedangkan kapas omasum mengandung *R. amylophilus*, *S. ruminantium*, *E. cellulosolvens*, *E. xylanophilum*, *Isotricha prostoma*, *Eudiplodinium maggii*, dan *Polyplastron multivesiculatum* (Tabel 2). Menurut Wang & Duan (2014), mikroba perut sapi mampu menghasilkan enzim selulase sehingga dapat

mendegradasi selulosa menjadi molekul gula yang lebih sederhana. Bakteri, jamur dan protozoa membentuk simbiosis kompleks dalam proses degradasi dinding sel tumbuhan. Bakteri mendominasi degradasi selulosa karena jumlahnya lebih dominan daripada protozoa dan jamur serta mempunyai berbagai jenis jalur metabolisme dalam mendegradasi selulosa.

*S. ruminantium*, dan *E. cellulosolvans* mendegradasi selulosa menjadi gula sederhana, *R. amylophilus* berperan mendegradasi pati, *E. xylanophilum* mendegradasi hemiselulosa, dan ketiga protozoa mencerna lignoselulosa. Xu *et al* (2021) menyatakan bahwa *R. amylophilus* termasuk bakteri amilolitik, *S. ruminantium* dan *E. cellulosolvans* termasuk bakteri selulolitik, *E. xylanophilum* termasuk bakteri hemiselolitik, *Isotricha prostoma* dan *Polyplastron multivesiculatum* berperan mencerna lignoselulosa dan degradasi senyawa kompleks menjadi gula sederhana. Menurut Oematan (2023), bakteri amilolitik dapat menguraikan pati secara acak karena mampu menghasilkan enzim  $\alpha$ -amylase. Bakteri selulolitik menghasilkan enzim ekstraseluler selulase untuk mendegradasi selulosa menjadi glukosa. Bakteri selulolitik memiliki 3 jenis enzim utama untuk hidrolisis selulosa meliputi enzim endo 1-4- $\beta$ -glukonase untuk menguraikan selulosa menjadi cellooligosakarida, enzim selobiohidrolase untuk degradasi selulosa serta melepaskan selobiosa pada ujung rantai, dan enzim glukosidase untuk hidrolisis oligosakarida dan selobiosa menjadi glukosa.

Kadar gula daun mangga perlakuan omasum (1,33%) lebih rendah daripada kontrol (2,75%) karena produksi gula hasil degradasi selulosa dan hemiselulosa oleh *microbiome* diduga lebih sedikit daripada gula yang dikonsumsi *microbiome* untuk kelangsungan kehidupannya dan dikonversi bakteri *S. ruminantium*, *E. cellulosolvans*, dan *E. xylanophilum* menjadi *volatile fatty acid* (VFA). Christiyanto dkk. (2021) menyatakan bahwa selulosa, hemiselulosa, dan pati didegradasi oleh *microbiome* perut sapi menghasilkan gula sederhana. Gula akan mengalami proses glikolisis diubah menjadi asam piruvat lalu diubah menjadi asam lemak volatil (VFA), H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> (gas

metana). Menurut Oematan (2023), *S. ruminantium* mampu memfermentasi glukosa, pati, laktat, gliserol dan suksinat menjadi VFA (asetat, laktat, suksinat, dan propionat), etanol, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. *Eubacterium* mampu memfermentasi laktat menjadi VFA (asetat, format, butirrat).

Kadar gula daun mangga omasum (1,33%) lebih tinggi dibandingkan daun pisang omasum (0%) dan kapas omasum (0,08%) karena pH pada perlakuan daun mangga omasum adalah 5,50 optimal untuk aktivitas enzim selulase sehingga gula hasil hidrolisis selulosa lebih banyak. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Li *et al* (2013) bahwa aktivitas selulolitik dari *Trichoderma reesei* optimal pada pH 4,5 - 5,5. Aktivitas enzim selulase dari endoglucanase optimal pada pH 4,5, exoglucanase optimal pada pH 5, dan  $\beta$ -glucosidase optimal pada pH 5,5. Menurut Idiawati dkk. (2014), enzim termasuk protein yang aktivitas kerjanya dipengaruhi oleh pH. Enzim tidak dapat aktif pada pH terlalu rendah dan akan terdenaturasi pada pH yang terlalu tinggi (basa). Denaturasi akan mengganggu bagian aktif enzim sehingga efektivitas dan aktivitas kerja enzim menurun,

Perlakuan daun pisang omasum mengandung *R. amylophilus*, *S. ruminantium*, *E. cellulosolvans*, dan *E. xylanophilum* (Tabel 3), tetapi belum menghasilkan gula diduga karena kandungan lignin pada daun pisang diduga cukup tinggi sehingga membutuhkan waktu delignifikasi dan hidrolisis yang lebih lama. Fernandes *et al* (2013) menyatakan bahwa daun pisang mengandung selulosa 53,5%, hemiselulosa 28,5%, dan lignin 15,4%. Menurut Sari dkk (2018), semakin lama waktu *pretreatment* (delignifikasi) maka semakin banyak degradasi lignin dan kadar selulosa yang dihasilkan semakin tinggi. Menurut Lismeri dkk (2018), kadar gula yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan semakin lama hidrolisisnya.

## Microbiome

Uji One Way ANOVA menunjukkan nilai  $P=0,000$  ( $<0,05$ ), artinya jumlah spesies *microbiome* yang ditemukan antar perlakuan berbeda nyata. Uji Duncan pada Tabel 2 menunjukkan rata-rata jumlah spesies *microbiome*

yang ditemukan pada perlakuan daun mangga omasum (2,66 spesies) berbeda nyata dengan kontrol daun mangga (0 spesies), daun pisang omasum (3,58 spesies) berbeda nyata dengan kontrol daun pisang (0 spesies), dan perlakuan kapas omasum (4,08 spesies) berbeda nyata dengan kontrol kapas (0 spesies). Menurut Xue *et al* (2018), cairan omasum mengandung bakteri sebanyak  $9,56 \times 10^7$ /ml, metanogen  $108 \times 10^3$ /ml, protozoa ciliata  $5,04 \times 10^5$ /ml, dan jamur anaerob  $153 \times 10^2$ /ml.

Jumlah spesies *microbiome* yang ditemukan pada perlakuan daun mangga omasum sebanyak 2,66 spesies meliputi *S. ruminantium*, *E. cellulosolvens*, dan *E. xylanophilum*. Perlakuan daun pisang omasum sebanyak 3,58 spesies meliputi *R. amylophilus*, *S. ruminantium*, *E. cellulosolvens*, dan *E. xylanophilum*. Perlakuan kapas omasum tertinggi sebanyak 4,08 spesies yaitu bakteri (*R. amylophilus*, *S. ruminantium*, *E. cellulosolvens*, *E. xylanophilum*), dan protozoa meliputi *Isotricha prostoma*, *Eudiplodinium*

*maggii*, dan *Polyplastron multivesiculatum* (Tabel 2). Keanekaragaman *microbiome* dipengaruhi oleh pH. Perlakuan daun mangga omasum memiliki pH 5,50 (asam) dan perlakuan daun pisang omasum pH 7,33 (basa) diduga kurang sesuai untuk pertumbuhan *microbiome* omasum sehingga yang tumbuh hanya bakteri, sedangkan perlakuan kapas omasum memiliki pH 7,00 (netral) optimal untuk pertumbuhan bakteri dan protozoa. Sanjaya (2023) menyatakan bahwa mikroba akan tumbuh dengan baik pada kisaran pH optimum 6,8-7,2. Menurut Fajar dkk (2022), bakteri dapat tumbuh pada kisaran pH 4-9 dan tumbuh optimal pada pH mendekati netral yaitu 6,5-7,5. Menurut Yanuartono (2019), apabila pH rumen berada dibawah nilai 5,4 maka protozoa akan mati. Jika kadar oksigen dan pH isi perut ruminansia tinggi, akan mengakibatkan protozoa tidak mampu membentuk *cyste* sebagai bentuk pertahanan diri dari lingkungan yang tidak sesuai dan akan cepat mengalami kematian.

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Spesies dan Nama Spesies Microbiome yang Ditemukan dari Perlakuan Daun Mangga, Daun Pisang, dan Kapas

Perlakuan	Microbiome (Jumlah Spesies)	Nama Spesies yang Ditemukan
Daun Mangga + Cairan Omasum	2.66 <sup>b</sup>	1. <i>Selenomonas ruminantium</i> 2. <i>Eubacterium cellulosolvens</i> 3. <i>Eubacterium xylanophilum</i>
Kontrol Daun Mangga	0.00 <sup>a</sup>	Tidak ada
Daun Pisang + Cairan Omasum	3.58 <sup>c</sup>	1. <i>Selenomonas ruminantium</i> 2. <i>Eubacterium cellulosolvens</i> 3. <i>Eubacterium xylanophilum</i> 4. <i>Ruminobacter amylophilus</i>
Kontrol Daun Pisang	0.00 <sup>a</sup>	Tidak ada
Kapas + Cairan Omasum	4.08 <sup>d</sup>	1. <i>Selenomonas ruminantium</i> 2. <i>Eubacterium cellulosolvens</i> 3. <i>Eubacterium xylanophilum</i> 4. <i>Ruminobacter amylophilus</i> 5. <i>Isotricha prostoma</i> 6. <i>Eudiplodinium maggii</i> 7. <i>Polyplastron multivesiculatum</i>
Kontrol Kapas	0.00 <sup>a</sup>	Tidak ada

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan.

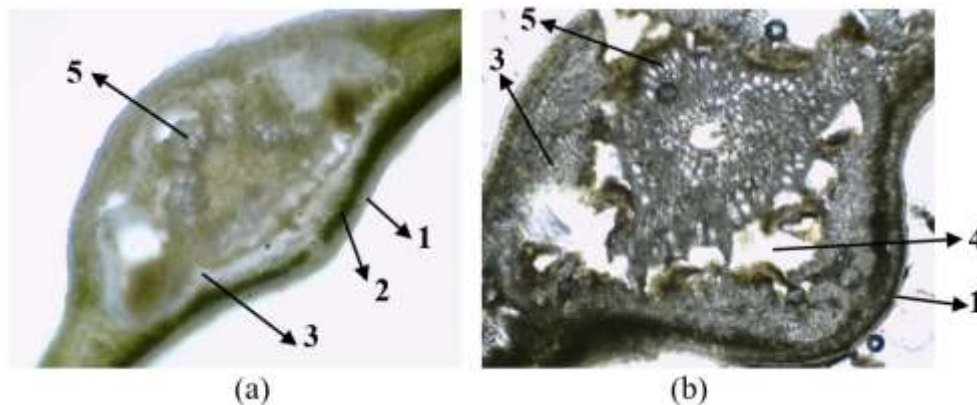
### Ketercernaan Anatomi

Struktur anatomi daun mangga kontrol masih utuh, sel-sel tersusun rapat, klorofil, epidermis, dan berkas pengangkut terlihat jelas

(Gambar 1.a). Daun mangga yang direndam cairan omasum terdegradasi, jaringan parenkim mengalami kerusakan ditunjukkan terbentuknya banyak ruang antar sel yang besar, sel-sel lebih renggang dan bentuknya tidak beraturan, dan

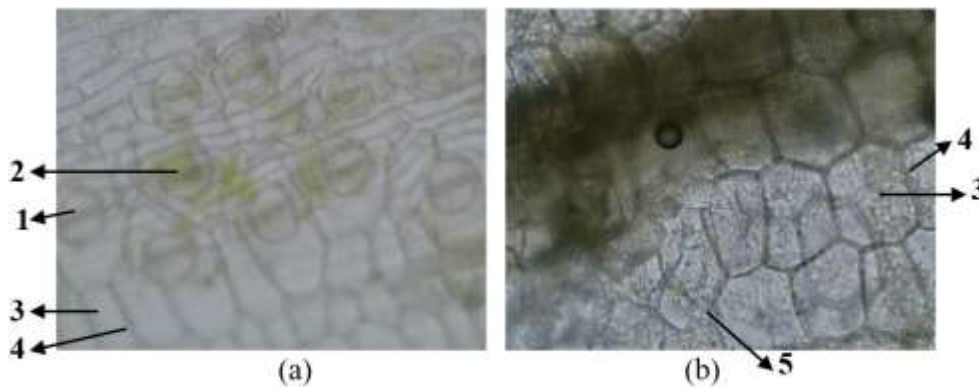
epidermis terdegradasi (Gambar 1.b). Daun mangga dalam omasum terdegradasi/tercerna karena terdapat *S. ruminantium*, *E. cellulosolvens*, dan *E. xylanophilum* (Tabel 3) yang mendegradasi komponen-komponen penyusun dinding sel tumbuhan (selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lignin) menyebabkan kerusakan dinding sel dan terbentuk ruang antar sel pada jaringan parenkim. *S. ruminantium* dan *E. cellulosolvens* berperan dalam degradasi selulosa melalui enzim selulase yang dihasilkan. *E. xylanophilum* berperan menghasilkan

enzim hemiselulase untuk mendegradasi hemiselulosa. *E. cellulosolvens* (bakteri pektinolitik) menghasilkan enzim pectinase untuk degradasi pektin. Menurut Xu *et al* (2021), *Selenomonas ruminantium* dan *Eubacterium cellulosolvens* dapat menghasilkan enzim selulase karena termasuk bakteri selulolitik, sedangkan *E. xylanophilum* dapat menghasilkan enzim hemiselulase karena termasuk bakteri hemiselolitik. Menurut Partama (2013), *Eubacterium cellulosolvens* termasuk bakteri pectinolytic.



Gambar 1. Penampang Melintang Tulang Daun Mangga Kontrol (a) dan Perlakuan Cairan Omasum (b) Perbesaran 100x

Keterangan : (1) Epidermis (2) Klorofil (3) Parenkim (4) Ruang Antar Sel (Lubang) (5) Berkas Pengangkut



Gambar 2. Penampang Membujur Helaian Daun Pisang Kontrol (a) dan Perlakuan Cairan Omasum (b) Perbesaran 400x

Keterangan : (1) Stomata (2) Klorofil (3) Sel Epidermis (4) Dinding Sel (5) Kerusakan Dinding Sel



Gambar 3. Anatomi Ketercernaan Kapas Kontrol (a) dan Perlakuan Cairan Omasum (b) Perbesaran 400x

Keterangan : (1) Dinding Sel (2) Torsi (3) Bekas Torsi

Struktur anatomi daun pisang kontrol masih utuh, terdapat klorofil dan banyak stomata, ukuran sel lebih kecil, pipih, dan jumlah total selnya lebih banyak (Gambar 2.a). Daun pisang perlakuan omasum terdegradasi, tidak ada stomata, sel epidermis berbentuk heksagonal besar, lebar, dan jumlahnya lebih sedikit (Gambar 2.b). Kerusakan dinding mengakibatkan permeabilitas dinding sel meningkat sehingga air lebih mudah masuk ke dalam sel menyebabkan ukuran sel epidermis membesar. *S. ruminantium* dan *E. cellulosolvens* berperan mendegradasi selulosa, *E. xylanophilum* mendegradasi hemiselulosa, dan *R. amylophilus* mendegradasi pati. Bakteri pektinolitik *E. cellulosolvens* dapat menghasilkan enzim pectinase untuk mendegradasi pektin. Oematan (2023) menyatakan bahwa bakteri amilolitik seperti *Ruminobacter amylophilus* mampu menghasilkan enzim  $\alpha$ -amilase yang dapat memotong pati secara acak. Menurut Partama (2013), *Eubacterium cellulosolvens* termasuk bakteri pectinolytic.

Struktur anatomi kapas kontrol masih utuh, belum terurai, ukuran serat lebih besar dan lebar, serta terdapat torsi (Gambar 3.a). Kapas yang direndam cairan omasum terdegradasi, terurai, ukuran serat lebih tipis, terjadi perubahan struktur yang awalnya terdapat torsi menjadi lurus tidak ada torsi (Gambar 3.b). *S. ruminantium* dan *E. cellulosolvens* mendegradasi selulosa menjadi gula, *E. xylanophilum* mendegradasi hemiselulosa, *R. amylophilus* mendegradasi pati, dan ketiga protozoa mencerna lignoselulosa dan degradasi pati, selulosa dan hemiselulosa menjadi gula.

Menurut Dorez *et al* (2014), kapas mengandung selulosa 89,7%, hemiselulosa 1,0%, dan lignin 2,7%. Menurut Wang dan Duan (2014), protozoa berperan dalam dekomposisi fisik jaringan tumbuhan, mendukung pemisahan sel tumbuhan, memecah dinding sel tumbuhan, serta mengeluarkan enzim pendegradasi selulosa, pektin, dan hemiselulosa.

## KESIMPULAN

Terdapat perbedaan pH, kandungan gula, dan *microbiome* pada daun mangga, daun pisang, dan kapas berdasryang direndam dalam cairan omasum. Terjadi peningkatan pH daun mangga (5,00 ke 5,50), daun pisang (7,16 ke 7,33), dan kapas (5,75 ke 7,00). Perlakuan omasum pada daun mangga menghasilkan gula 1,33%, daun pisang 0%, dan kapas 0,08%. Jumlah spesies *microbiome* yang ditemukan pada daun mangga omasum sebanyak 2,66 spesies, daun pisang omasum 3,58 spesies, dan kapas omasum 4,08 spesies. Ketercernaan anatomi pada daun mangga yang direndam cairan omasum ditandai terbentuknya ruang antar sel pada jaringan parenkim. Pada daun pisang ditandai sel membesar, jumlahnya berkurang, dan tidak ada stomata. Ketercernaan kapas ditandai serat kapas terurai, tidak ada torsi, dan ukurannya lebih tipis.

## DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, N., Goyal, D., & Goyal, A. (2016). Physico-chemical Characteristics of Leaf Litter Biomass to Delineate the Chemistries



- Involved in Biofuel Production. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 62, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.02.011>
- Banerjee, P., Adhikary, K., Chatterjee, A., Sarkar, R., Bagchi, D., Gosh, N., Das, A. (2022). Digestion and Gut Microbiom. Department of Biochemistry and Plant Physiology, Centurion University of Technology and Management, R. Sitapur, Odisha, India
- Castillo-González, A. R., Burrola-Barraza, M. E., Domínguez-Viveros, J., & Chávez-Martínez, A. (2014). Rumen Microorganisms and Fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(3), 349-361. <https://www.redalyc.org/pdf/1730/173033278003.pdf>
- Christiyanto, M., Surono, S., Munarifdah, F. I., & Utama, C. S. (2021). Volatile Fatty Acids (VFA) dan Amonia (NH<sub>3</sub>) Litter Fermentasi dengan Lama Peram yang Berbeda secara in Vitro. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan*, 9(2), 69-74. <https://doi.org/10.20956/jitp.v9i2.12497>
- Dorez, G., Ferry, L., Sonnier, R., Taguet, A., & Lopez-Cuesta, J. M. (2014). Effect of Cellulose, Hemicellulose and Lignin Contents on Pyrolysis and Combustion of Natural Fibers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 107, 323-331. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.03.017>
- Fajar, I., Perwira, I. Y., & Ernawati, N. M. (2022). Pengaruh Derajat Keasaman (pH) terhadap Pertumbuhan Bakteri Toleran Kromium Heksavalen dari Sedimen Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, V(1), 1-6. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/CTAS/article/view/72176/47921>
- Fernandes, E. R. K., Marangoni, C., Souza, O., & Sellin, N. (2013). Thermochemical Characterization of Banana Leaves as a Potential Energy Source. *Energy conversion and management*, 75, 603-608. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.08.008>
- Idiawati, N., Harfinda, E. M., & Arianie, L. (2014). Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* pada Ampas Sagu. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.31258/jnat.16.1.1-9>
- Khatun, S., Hossain, M. A., Akter, T., Banu, M. R., & Kawser, A. Q. M. R. (2019). Replacement of Sodium Bicarbonate and Micronutrients in Kosaric Medium With Banana Leaf Ash Extract for Culture of *Spirulina Platensis*. *Annals of Bangladesh Agriculture*, 23(1), 37-47. DOI:10.3329/aba.v23i1.51472
- Li, C., Yang, Z., Zhang, R. H. C., Zhang, D., Chen, S., & Ma, L. (2013). Effect of pH on Cellulase Production and Morphology of *Trichoderma reesei* and the Application in Cellulosic Material Hydrolysis. *Journal of Biotechnology*, 168(4), 470-477. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2013.10.003>
- Lismeri, L., Utami, S. U., Darni, Y., Hanif, M., & Riyanto, A. (2018). Produksi Gula Reduksi dari Batang Ubi Kayu dengan Hidrolisis Menggunakan Asam Encer dan Induksi Medan Elektromagnetik. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 13(1), 8-14. <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/7473>
- Loebis, E. H., Meutia, Y. R., Junaidi, L., & Alamsyah, R. (2015). Proses Delignifikasi Limbah Pasar untuk Produksi Bioetanol. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 32(02), 68-74. <http://ejournal.kemenperin.go.id/ihp/article/view/2639/2062>
- Maemah, M., & Supriadi, D. (2023). Preparasi dan Karakterisasi Selulosa Mikrokristalin dari Fermentasi Ganyong sebagai Eksipien dalam Sediaan Tablet. *Journal of Pharmacopolium*, 6(1), 46-57. [https://ejournal.universitastbh.ac.id/index.php/P3M\\_JoP/article/view/1093](https://ejournal.universitastbh.ac.id/index.php/P3M_JoP/article/view/1093)
- Mirahsanti, N. P. N., Suarjana, I. G. K., & Besung, I. N. K. (2022). Angka Lempeng Total Bakteri dan pH pada Cairan Rumen Sapi Bali Jantan yang Dipotong di Rumah Potong Hewan Pesanggaran. *Buletin Veteriner Udayana*, 14(5), 446-451. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2022.v14.i05.p01>
- Muktham, R., Bhargava, S., Bankupalli, S., & Ball, A. (2016). A Review on 1st and 2nd Generation Bioethanol Production-Recent Progress. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 2016(6), 72-92. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2016.63008>
- Nagaraja, T.G. (2016) Microbiology of the Rumen. In: Millen, D.D., et al., Eds., *Rumenology*, Springer, Cham, 39-61. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-30533-2\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-30533-2_2)
- Ningsih, R. H. C., Ramadani, A. D., Raynissa, D. J., Diapari, D., Fassah, D. M., Astuti, D. A., & Sudarman, A. (2023). Effects of Black

- Soldier Fly Oil and Calcium Soap Supplementation on Rumen Fermentability of Garut Sheep. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1208(1), 1-7. DOI:10.1088/1755-1315/1208/1/012059
- Oematan, G. (2023). *Ruminologi*. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi. [https://www.researchgate.net/publication/368274598\\_Buku\\_RUMINOLOGI](https://www.researchgate.net/publication/368274598_Buku_RUMINOLOGI)
- Partama, I. B. G. (2013). *Nutrisi dan Pakan Ternak Ruminansia*. Denpasar: Udayana University Press. <https://erepo.unud.ac.id/id/eprint/20370>
- Sanjaya, A. (2023). Studi Potensi Asam Lemak Volatil dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Fermentasi Anaerob. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan*, 11(01), 45-61. <https://doi.org/10.35450/jip.v11i01.342>
- Sari, P. D., Puri, W. A., & Hanum, D. (2018). Delignifikasi Bonggol Jagung dengan Metode Microwave Alkali. *Agrika*, 12(2), 164-172. <https://doi.org/10.31328/ja.v12i2.767>
- Syihab, B. H., Damat, D., & Utomo, J. S. (2021). Efektivitas Ekstrak Daun Mangga dengan Etanol 96% sebagai Pengawet Alami terhadap Masa Simpan Ikan Lemuru pada Suhu Rendah. *Food Technology and Halal Science Journal*, 4(2), 224-236. <https://doi.org/10.22219/fths.v4i2.16654>
- Thapa, S., Mishra, J., Arora, N., Mishra, P., Li, H., O' Hair, J., & Zhou, S. (2020). Microbial Cellulolytic Enzymes: Diversity and Biotechnology with Reference to Lignocellulosic Biomass Degradation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19, 621-648. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09536-y>
- Wang, G. R., & Duan, Y. L. (2014). Studies on Lignocellulose Degradation by Rumen Microorganism. *Advanced Materials Research*, 853(2014), 253-259. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.853.253>
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 9(1), 37-46. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v9i1.2876>
- Wereszka, K. & Tadeusz, M. (2014). The Ability of the Rumen Ciliate Protozoan Diploplastron Affine to Digest and Ferment Starch. *Folia Microbiologia*, 59 : 267-267. DOI:10.1007/s12223-014-0302-x
- Xu, Q., Qiao, Q., Gao, Y., Hou, J., Hu, M., Du, Y., & Li, X. (2021). Gut Microbiota and Their Role in Health and Metabolic Disease of Dairy Cow. *Frontiers in Nutrition*, 8(701511), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.701511>
- Xue, D., Chen, H., Luo, X., Guan, J., He, Y., & Zhao, X. (2018). Microbial Diversity in the Rumen, Reticulum, Omasum, and Abomasum of Yak on a Rapid Fattening Regime in an Agro-Pastoral Transition Zone. *Journal of Microbiology*, 56, 734-743. <https://doi.org/10.1007/s12275-018-8133-0>
- Yanuartono, Y., Nururrozi, A., Indarjulianto, S., & Purnamaningsih, H. (2019). Peran Protozoa pada Pencernaan Ruminansia dan Dampak terhadap Lingkungan. *Ternak Tropika Journal of Tropical Animal Production*, 20(1), 16-28. <https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2019.020.01.3>