

SKRIPSI

**PENINGKATAN KUALITAS JERAMI PADI (*Oryza sativa* L.)
DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK
ASAL SALURAN PENCERNAAN RAYAP
Cryptotermes cynocephalus Light.
SEBAGAI PAKAN**

MUJIZA A. SALAM

H041181323



**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**PENINGKATAN KUALITAS JERAMI PADI (*Oryza sativa* L.)
DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK
ASAL SALURAN PENCERNAAN RAYAP
Cryptotermes cynocephalus Light.
SEBAGAI PAKAN**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

MUJIZA A. SALAM

H041 18 1323

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENINGKATAN KUALITAS JERAMI PADI (*Oryza sativa* L.)
DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK
ASAL SALURAN PENCERNAAN RAYAP
Cryptotermes cynocephalus Light.
SEBAGAI PAKAN**

Disusun dan Diajukan Oleh

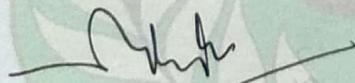
Mujiza A. Salam

H041 18 1323

**Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk
dalam rangka penyelesaian studi program Sarjana Program Studi Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal, 18 Oktober 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.**

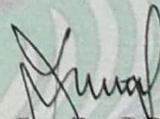
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



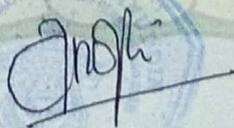
Dr. Nur Haedar, M.Si.
NIP. 19680129 199702 2 001

Pembimbing Pertama,



Dr. Jamila, S.Pt., M.Si.
NIP. 19750511 200312 2 003

Ketua Program Studi,



Dr. Magdalena Litaay, M.Sc.
NIP. 19640929 198903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mujiza A. Salam
NIM : H041181323
Program Studi : Biologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul:

PENINGKATAN KUALITAS JERAMI PADI (*Oryza sativa* L.) DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK ASAL SALURAN PENCERNAAN RAYAP *Cryptotermes cynocephalus* Light. SEBAGAI PAKAN.

Adalah karya tulis saya dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Oktober 2022



Mujiza A. Salam

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah Rabbil 'Alamiin puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, serta nikmat iman, nikmat islam dan nikmat sehat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat dan salam tidak lupa pula penulis haturkan kepada junjungan umat islam, Nabi Besar Muhammad SAW. yang telah membawa ajaran islam dengan sempurna sehingga umat manusia berpindah dari zaman yang gelap gulita menuju zaman yang terang benderang yang penuh dengan ilmu pengetahuan sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “ **Peningkatan Kualitas Jerami Padi (*Oryza sativa. L*) dengan Penambahan Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap *Cryptotermes cynocephalus* Light. Sebagai Pakan “.**

Skripsi ini merupakan tugas akhir yang memuat hasil penelitian yang penulis ajukan untuk memenuhi syarat yang berlaku dalam proses menyelesaikan program studi pendidikan sarjana (S1) pada Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar. Penulisan skripsi ini dapat berhasil tentunya dengan doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ibunda tercinta Hj. Amirah Atim yang telah sabar merawat dan membesarkan serta memberikan doa terbaik selama penulis menjalani proses perkuliahan dan ayah saya, Alm. H. Abdul Salam, yang telah mengajarkan arti kesabaran dalam hidup. Penulis juga

mengucapkan terima kasih kepada seluruh keluarga terutama kakak kandung yang telah memberikan banyak dukungan dan kerabat yang turut memberikan doa dan membantu penulis selama proses perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya dan juga penghargaan yang penulis haturkan kepada ibu Dr. Nur Haedar, M.Si., selaku pembimbing utama dan ibu Dr. Jamila, S.pt.,M.Si. selaku pembimbing pertama atas setiap ilmu, waktu dan perhatian yang telah diberikan dalam membimbing dan mengarahkan penulis serta memberi semangat, motivasi dan saran yang membangun dalam proses penyusunan skripsi ini hingga selesai. Tanpa bimbingan dan saran dari beliau, penulis tidak akan dapat menyelesaikan skripsi ini.

Berbagai macam kendala yang penulis alami selama proses penulisan skripsi ini. Namun berkat bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat melalui kendala-kendala tersebut selama proses penulisan tugas akhir. Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta jajarannya
- Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta staf pegawainya
- Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si., selaku Ketua Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Ibu Dr. Rosana Agus, M.Si., selaku Penasihat Akademik (PA) yang senantiasa memberikan nasihat dan arahan kepada penulis sejak memulai perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir.

- Ibu Dr. Rosana Agus, M.Si., dan ibu Dr. Markarma, M.Si., selaku tim penguji yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan saran kepada penulis
- Bapak/Ibu dosen dan pegawai Departemen Biologi yang senantiasa membantu penulis dalam proses perkuliahan.
- Kak Fuad Gani, S.Si., penulis mengucapkan terima kasih atas saran dan bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir.
- Kepada Pegawai dan Laboran Laboratorium Industri Pakan Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin yang telah memberi bantuan selama penulis melakukan penelitian.
- Bapak/Ibu Staf pegawai UPT Dinas Peternakan Kota Makassar yang telah membantu penulis.
- Saudariku Isa Wulandari, Aryuni Utariningsih dan Mifdhayani Maryam yang setia menemani, menghibur dan memotivasi penulis.
- Teman penelitian saya Nurul Aulyah Dhiensny yang telah banyak membantu dan teman-teman yang juga senantiasa membantu dan menemani di Lab Mikrobiologi, Nur Afifah Zhafirah, Jumariah dan Mutia Putri Jamaluddin.
- Teman-teman yang telah banyak membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir, Mutiara Hikmah Shabrina, Khaerunnisa, Shamad dan Farhansyah Rafli Pasolong.
- Teman-teman Biologi 2018 yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu, penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan senyuman yang diberikan kepada penulis selama penulis menjalankan proses studinya.

Akhir kata, semoga Allah SWT. membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Makassar, 12 Mei 2022

Mujiza A. Salam

ABSTRAK

Jerami padi dapat dijadikan sebagai bahan pakan alternatif bagi ruminansia. Jerami padi memiliki kualitas nutrisi yang rendah karena mengandung lignin dan silika yang tinggi sehingga menjadikannya sulit dicerna oleh ternak, maka perlu dilakukan serangkaian upaya untuk meningkatkan kualitasnya sebagai pakan, yaitu dengan cara fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri selulolitik yang diisolasi dari saluran pencernaan rayap dalam meningkatkan kandungan nutrisi jerami padi. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan sebagai berikut R0 = jerami padi tanpa penambahan isolat (kontrol negatif). R1 = jerami padi + isolat RpE 5; R2 = jerami padi + RpE 11; R3 = jerami padi + isolat RpE 5 + RpE 11; R4 = jerami padi + EM4 (kontrol positif). Hasil penelitian diperoleh yaitu kandungan protein kasar R0 = 6,72%; R1 = 7%; R2 = 6,78%; R3 = 6,74% ; R4 = 7,13% dan kandungan serat kasar R0 = 30,69%; R1 = 29,97%; R2 = 29,25%; R3 = 29,83%; R4 = 25,03%. Nilai tertinggi kualitas fisik silase diperoleh pada perlakuan R1 (jerami padi + isolat bakteri RpE 5). Kesimpulan dari hasil dan pembahasan yaitu fermentasi menggunakan inokulum bakteri selulolitik asal saluran pencernaan rayap tidak berbeda secara signifikan terhadap kandungan protein kasar tetapi berbeda secara signifikan terhadap kandungan serat kasar.

Kata kunci: Jerami padi, Bakteri selulolitik, Protein Kasar, Serat Kasar

ABSTRACT

Rice straw can be used as an alternative feed ingredient for ruminants. Rice straw has low nutritional quality because it contains lignin and silica making it difficult for livestock to digest, it is necessary to make a series of efforts to improve its quality as feed, namely by fermentation. This study aimed to determine the potential of cellulolytic bacteria isolated from the digestive tract of termites in increasing the nutritional content of rice straw. The research design used was completely randomized design with 5 treatments and 3 replications as follows R0 = rice straw without the addition of isolates (negative control). R1 = rice straw + isolate RpE 5; R2 = rice straw + RpE 11; R3 = rice straw + isolate RpE 5 + RpE 11; R4 = rice straw + EM4 (positive control). The results of the study obtained that the crude protein content R0 = 6,72%; R1 = 7%; R2 = 6,78%; R3 = 6,74% ; R4 = 7,13% and crude fiber content kasar R0 = 30,69%; R1 = 29,97%; R2 = 29,25%; R3 = 29,83%; R4 = 25,03%. The highest value of silage physical quality was obtained in treatment R1 (rice straw + isolate RpE 5). The conclusion from the results and discussion is that fermentation using inoculum of cellulolytic bacteria from the digestive tract of termites did not differ significantly in crude protein but significantly differed in crude fiber content.

Keywords: Rice Straw, Cellulolytic Bacteria, Crude Protein, Crude Fiber

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Manfaat Penelitian.....	4
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Tinjauan Umum Jerami Padi.....	6
II.2 Bakteri Selulolitik	8
II.3 Fermentasi pada Bahan Pakan	11
II.4 Analisis Protein Kasar.....	14

II.5 Analisis Serat Kasar	15
II.6 <i>Effective Microorganism 4</i> (EM-4).....	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
III.1 Alat	18
III.2 Bahan	18
III.3 Cara Kerja.....	18
III.3.1 Sterilisasi Alat dan Pembuatan Media.....	18
III.3.2 Persiapan Inokulum Bakteri	19
III.3.3 Persiapan Sampel.....	19
III.3.4 Parameter Pengamatan	20
III.3.5 Analisis Data.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Pewarnaan Gram.....	25
IV.2 Pengamatan Fisik Jerami Padi Hasil Fermentasi	26
IV.3 Perhitungan Total Bakteri	32
IV.4 Kandungan Nutrisi Jerami Padi Hasil Fermentasi	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
V.1 Kesimpulan.....	40
V.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai ukur kualitas silase	20
2. Nilai Pengamatan Fisik Jerami Padi Hasil Fermentasi	26
3. Nilai Pengukuran pH Jerami Padi Hasil Fermentasi.....	29
4. Hasil Perhitungan Total Bakteri.....	31
5. Kandungan Nutrisi Jerami Padi Hasil Fermentasi	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tahap Pemecahan Selulosa	9
2. Hasil Pewarnaan Gram RpE 5 dan RpE 11	24
3. Grafik Perbandingan Nilai pH Jerami Padi pada Tiap Interval Waktu Inkubasi	30
4. Histogram Perhitungan Total Bakteri	32
5. Histogram Kandungan Nutrisi Jerami Padi Hasil Fermentasi	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Penelitian	47
2. Skema Kerja Persiapan Inokulum Bakteri Rpe 5 dan Rpe 11	48
3. Skema Kerja Persiapan dan Fermentasi Sampel Jerami Padi	49
4. Skema Kerja Pengamatan Fisik Hasil Fermentasi	50
5. Skema Kerja Perhitungan Jumlah Bakteri	51
6. Skema Kerja Analisis Kadar Protein Kasar	52
7. Skema Kerja Analisis Kadar Serat Kasar.....	53
8. Analisis Statistik SPSS Kualitas Fisik Hasil Fermentasi	54
9. Analisis Statistik SPSS Pengukuran pH Hasil Fermentasi	55
10. Analisis Statistik SPSS Perhitungan Total Bakteri (SPC)	56
11. Analisis Statistik SPSS Kandungan Protein Kasar	57
12. Analisis Statistik SPSS Kandungan Serat Kasar.....	58
13. Foto Prosedur Penelitian	59

BAB I

PENDAHULUAN

I.2 Latar Belakang

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan pakan merupakan suatu alternatif untuk mengurangi besarnya biaya pakan dan menaikkan nilai ekonomi limbah tersebut (Annisa dan Wiyoto, 2019). Limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan pakan alternatif bagi ruminansia yaitu jerami padi karena jumlahnya yang melimpah dan cenderung terbuang serta harganya yang lebih murah (Mayulu dan Suhardi, 2016; Azis *et.al.*, 2014). Namun, kebanyakan petani membakar jerami padinya setelah panen di area persawahan (Rhofita, 2016).

Jerami padi merupakan produk sampingan dari tanaman padi yang lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan limbah pertanian lainnya dan terdapat di setiap wilayah di Indonesia (Suherman *et.al.*, 2019). Menurut Badan Pusat Statistik, jumlah padi yang dihasilkan di Indonesia pada tahun 2015 berkisar 75.397.841 ton. Terkhusus di Sulawesi Selatan sendiri, jumlah padi yang dihasilkan berkisar 5.471.806 ton, dengan jumlah jerami padi yang dihasilkan berkisar 2.254.537 ton (Nappu, 2013). Namun hanya sekitar 31% yang digunakan sebagai pakan (Ilham, 2015).

Jerami padi mengandung protein kasar sekitar 8,26% dan serat kasar sekitar 31,99%. Kandungan selulosa dan hemiselulosa dalam serat kasar cocok dijadikan sebagai pakan bagi ruminansia (Suningsih *et.al.*, 2019). Tingginya serat pada jerami akan menghalangi proses hidrolisis oleh enzim mikroba di dalam rumen (Sukaryani, 2018). Hal tersebut menjadikan jerami padi sulit dicerna oleh ternak

(Jamaluddin *et.al.*, 2018). Untuk mengoptimalkan pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ternak maka dapat dilakukan beberapa cara pengolahan, yaitu secara fisik, kimia dan biologi atau kombinasi dari beberapa perlakuan untuk mengubah jerami menjadi pakan bergizi dan sumber energi bagi ternak (Azis *et.al.*, 2014). Pengolahan secara fisik yaitu dengan pencacahan untuk memperkecil ukuran jerami padi sehingga mudah dicerna. Pengolahan secara kimia yaitu melalui amoniasi menggunakan urea. Pengolahan secara biologi yaitu melalui fermentasi menggunakan mikroba (Krishaditersanto, 2021). Menurut Harfiah dan Mide (2014) proses fermentasi dapat meningkatkan daya cerna jerami padi.

Teknologi fermentasi merupakan salah satu alternatif dalam upaya memaksimalkan pemanfaatan jerami padi sebagai bahan pakan melalui proses metabolisme dimana enzim dari mikroorganisme melakukan oksidasi, reduksi, hidrolisis dan reaksi kimia lainnya sehingga terjadi perubahan kimia pada substrat organik dengan menghasilkan suatu produk tertentu (Nalar *et.al.*, 2014). Proses fermentasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lamanya waktu fermentasi, jumlah starter, jenis substrat, suhu, oksigen dan pH (Sarungu *et.al.*, 2020). Pakan hasil fermentasi dapat memperbaiki sistem pencernaan pada ternak dan menambah berat badan ternak dengan cepat karena meningkatnya nafsu makan pada hewan ternak (Yulianti *et.al.*, 2019). Fermentasi juga dapat menghilangkan zat anti nutrisi atau racun yang terkandung pada suatu pakan (Mustabi *et.al.*, 2019). Mikroorganisme yang digunakan pada proses fermentasi ini merupakan bakteri selulolitik. Perlakuan biologis menggunakan inokulum bakteri selulolitik berperan dalam meningkatkan kualitas limbah pertanian khususnya jerami padi (Nalar *et.al.*,

2014). Berdasarkan penelitian Mirni *et.al.*, (2006), menyatakan bahwa bakteri selulolitik yang telah diisolasi yaitu *Actinobacillus* sp. dapat meningkatkan kualitas jerami padi serta dapat meningkatkan pencernaan pada hewan ternak. Meningkatnya pencernaan jerami padi ditandai dengan meningkatnya kandungan protein kasar dan kandungan serat kasar yang menurun. Peningkatan kandungan protein kasar disebabkan adanya perkembangbiakan bakteri pada pakan, sedangkan penurunan serat kasar jerami padi disebabkan karena polisakarida terdegradasi menjadi karbohidrat yang lebih sederhana. Semakin tinggi jumlah bakteri selulolitik, semakin banyak pula polisakarida yang terdegradasi sehingga semakin tinggi pula penurunan serat kasar.

Dalam penelitian ini, digunakan bakteri selulolitik yang diisolasi dari rayap sebagai inokulum dalam meningkatkan kualitas jerami padi sebagai pakan. Rayap yang merupakan hewan pemakan kayu yang didalam tubuhnya (sel tubuh, air liur dan saluran pencernaan) terdapat mikrobial (bakteri, kapang/fungi dan protozoa) dan berbagai enzim pendegradasi serat seperti kompleks enzim selulase (*endo-D-1,4-glukanase/CMC-ase, avilase, eksoglukanase dan -D-1,4-glukosidase*) dan enzim hemiselulase (*endo-1,4-xilanase dan -D-1,4-mannanase*) sehingga rayap sangat potensial dijadikan sebagai sumber isolat bakteri lignoselulolitik. Rayap memiliki kemampuan dalam mencerna biomassa lignoselulosa secara efisien karena adanya bakteri selulolitik yang bersimbiosis didalam saluran pencernaan rayap. Saluran pencernaan rayap merupakan tempat hidup bagi bakteri selulolitik dan bakteri tersebut mampu melanjutkan metabolisme kehidupannya dari hasil selulosa yang dihidrolisisnya berupa glukosa, sedangkan bakteri selulolitik mencerna makanan bagi rayap dengan hasil berupa glukosa

untuk memenuhi kebutuhan nutrisi rayap (Ristiati *et.al.*, 2016). Bakteri selulolitik ini mampu menghasilkan enzim selulase yang merupakan biokatalisator yang berperan dalam mengkatalisis proses hidrolisis selulosa menjadi rantai selulosa yang lebih pendek atau oligosakarida yang kemudian akan diubah lagi menjadi glukosa. Glukosa yang merupakan hasil akhir dari proses tersebut dapat digunakan sebagai pakan ternak (Mokodompit *et.al.*,2020).

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui potensi bakteri selulolitik yang diisolasi dari saluran pencernaan rayap dalam meningkatkan kualitas jerami padi sebagai pakan.

I.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri selulolitik yang diisolasi dari saluran pencernaan rayap dalam meningkatkan kandungan nutrisi jerami padi sebagai pakan ternak.

I.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai potensi bakteri selulolitik dalam meningkatkan kandungan nutrisi jerami padi sehingga mampu dijadikan sebagai pakan ternak.

I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Juni 2022, di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Kimia Pakan, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Umum Jerami Padi

Oryza sativa L. atau yang biasa disebut tanaman padi merupakan tanaman yang menjadi sumber bahan pangan utama hampir seluruh masyarakat Indonesia. Menurut BPS (2018) produksi padi di Indonesia sebesar 81.149 juta ton gabah kering giling dengan luas panen mencapai 15.712 juta ha, maka total potensi jerami padi sebesar 48.39 juta ton bahan kering per tahun. Sedangkan untuk Sulawesi Selatan menurut BPS (2021) memiliki luas panen padi pada tahun 2020 sebesar 0,98 juta ha dengan produksi padi sebesar 4,71 juta ton gabah kering giling. Jerami Bagian dari tanaman padi yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat selain bijinya yaitu jerami padi. Jumlah jerami padi yang dihasilkan yaitu hampir mencapai 68% dari total panen (Azis *et.al.*,2014). Jerami padi dapat dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan pakan ruminansia (Yanuartono *et.al.*, 2017). Berikut klasifikasi tanaman padi berdasarkan ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*):

Regnum	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Poales
Familia	: Poaceae
Genus	: <i>Oryza</i>
Spesies	: <i>Oryza sativa</i> L.

Produk samping yang dihasilkan setelah memanen padi dapat berupa jerami padi. Jerami padi merupakan limbah tanaman pangan yang ketersediannya melimpah sepanjang tahun. Jerami padi terbuat dari malai rachis, helaian daun, pelepah daun dan batang (Oladosu *et.al.*, 2016). Menurut Rice Knowledge Bank, setiap kg beras giling yang dihasilkan akan menghasilkan sekitar 0,7-1,4 kg jerami padi tergantung dari varietasnya, tinggi pemotongan tunggul dan kadar air selama panen. Jerami padi dipisahkan dari biji-bijian dengan cara tanaman dirontokkan baik secara manual yaitu menggunakan perontok stationer maupun yang lebih baru dengan menggunakan mesin pemanen gabungan.

Jerami padi mengandung bahan kering sebesar 92%, protein kasar sebesar 3-5%, lemak kasar sebesar 3,32%, serat kasar 32,14%, BETN sebesar 36,68%, TDN sebesar 47,9% dan kadar abu sebesar 22,25% (Krishaditersanto, 2021). Jerami padi memiliki kandungan selulosa dan serat kasar yang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan protein kasar sehingga nilai kecernaannya terbilang rendah. Rendahnya nilai kecernaan jerami padi disebabkan karena jerami padi merupakan limbah tanaman tua sehingga telah terjadi lignifikasi bertaraf lanjut yang menyebabkan terjadinya ikatan yang erat dan kompleks antara lignin dan selulosa maupun hemiselulosa. Selain itu molekul selulosa sebagian besar telah berubah dari bentuk amorf menjadi bentuk kristalin. Kompleksitas kimia dan struktural bahan ini akan mempersulit mikroorganisme untuk dekomposisi bahan tersebut (Saputro *et.al.*, 2015). Nilai kecernaan bahan kering jerami padi hanya mencapai 35-37% . Sedangkan untuk hidup, ternak ruminansia membutuhkan pakan yang memiliki nilai kecernaan minimal 50-55% (Tala, 2018).

Jerami padi bersifat *voluminous* (bervolume besar) sehingga konsumsi secara fisik akan dibatasi oleh kapasitas rumen, untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok, produksi dan reproduksi baik berupa protein maupun energi diperlukan suplemen berupa konsentrat. Selain mengandung protein dan energi, konsentrat harus memenuhi kebutuhan mineral sehingga laju pencernaan jerami padi serta konsumsi pakan bebas dapat ditingkatkan (Utomo, 2015). Batas konsumsi jerami padi oleh hewan ternak ruminansia telah ditentukan yaitu 1,0-1,5 kg per 100 kg bobot per hari (Hung *et.al.*, 2020).

II.2 Bakteri Selulolitik

Bakteri merupakan kelompok organisme prokariotik, umumnya berbentuk sel tunggal atau uniseluler, tidak mempunyai klorofil dan berkembang biak dengan pembelahan sel atau biner (Putri *et.al.*, 2017). Setiap bakteri memiliki jenis yang berbeda-beda. Hal tersebut yang menyebabkan beberapa kelompok bakteri menjadi agen penyebab infeksi dan penyakit. Namun ada pula bakteri yang memberikan manfaat di beberapa bidang seperti pengobatan, industri dan pangan (Rosahdi *et.al.*, 2018). Salah satu bakteri yang dapat dimanfaatkan di bidang pangan yaitu bakteri selulolitik.

Bakteri selulolitik merupakan bakteri yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi substrat yang mengandung selulosa. Bakteri selulolitik mampu mengubah selulosa menjadi gula yang lebih sederhana untuk digunakan sebagai sumber karbon dan energi bagi metabolisme dan pertumbuhannya. Kemampuan tersebut disebabkan karena adanya enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri. Enzim selulase berperan menjadi biokatalisator untuk mengkatalisis proses

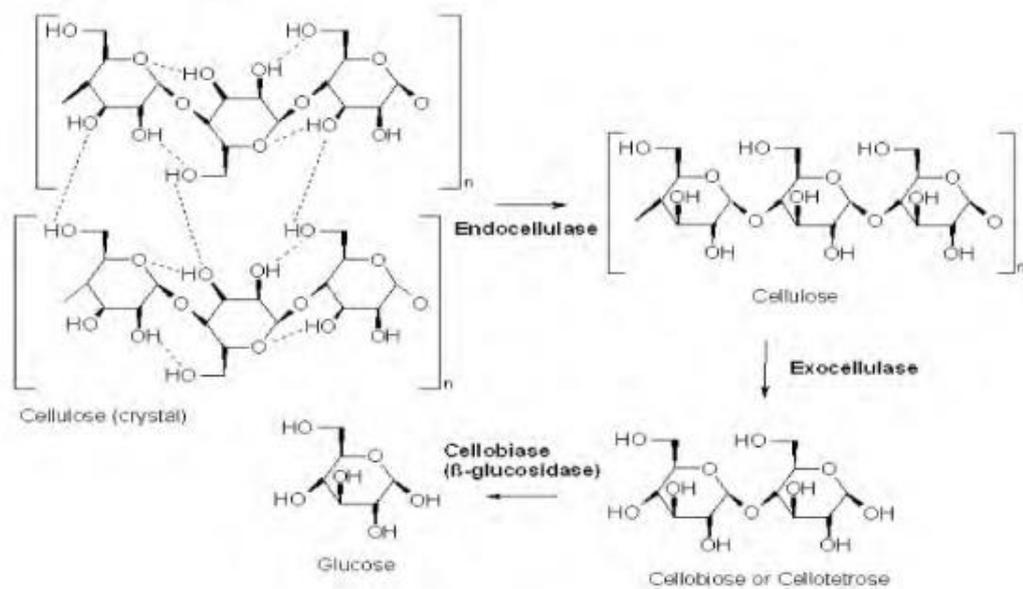
hidrolisis selulosa menjadi rantai selulosa yang lebih pendek atau oligosakarida yang selanjutnya akan diubah lagi menjadi glukosa. Selulase terdiri dari enzim-enzim yang bekerja secara sinergis untuk memutuskan ikatan glikosidik beta-1,4 di dalam selulosa, selodekstrin, selobiosa dan turunan selulosa lainnya (Mulyasari *et.al.*, 2015). Enzim selulase terdiri atas tiga tipe enzim utama yaitu kompleks endo- β -1,4-glukanase (CMCase, Cx selulase endoselulase, atau carboxymethyl cellulase), kompleks ekso- β -1,4-glukanase (aviselase, selobiohidrolase C1 selulase) dan β -1,4-glukosidase atau selobiase (Murtiyaningsih dan Hazmi, 2017).

Endoglukanase aktif dalam menghancurkan kristal atau selulosa murni (Antriana, 2014). Ekso- β -1,4-glukanase yang mengurai selulosa dari ujung pereduksi dan non pereduksi untuk menghasilkan selulosa dan atau glukosa. β -glukosidase (selobiase) yang mengurai selobiosa untuk menghasilkan glukosa (Nababan *et.al.*, 2019).

Bakteri pendegradasi selulosa banyak diisolasi dan dikarakterisasi dari berbagai sumber seperti tanah, tanaman busuk, air panas, bahan organik, feses ruminansia, kompos dan saluran pencernaan ikan (Mulyasari *et.al.*, 2015). Beberapa genus bakteri yang memiliki kemampuan selulolitik adalah *Achromobacter*, *Angiococcus*, *bacillus*, *Cellulomonas*, *Cytophaga*, *Clostridium*, *Cellivibrio*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Poliangium*, *Sorangium*, *Sporocytophaga*, *Vibrio*, *Cellfalcicula*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* dan *Aeromonas* (Murtiyaningsih dan Hazmi, 2017).

Bakteri selulolitik juga dapat ditemukan pada saluran pencernaan rayap (Arsyad *et.al.*, 2018). Saluran pencernaan rayap terdiri atas usus depan, usus tengah

dan usus belakang. Usus belakang merupakan tempat bagi sebagian besar simbion seperti bakteri dan protozoa (Antriana, 2014). Keberadaan bakteri simbiotik dalam saluran pencernaan memungkinkan rayap untuk mencerna selulosa. Hubungan antara rayap dan bakteri selulolitik ini bersifat simbiosis mutualisme. Simbiosis ini terjadi secara seimbang, dimana saluran pencernaan rayap merupakan tempat hidup bagi bakteri selulolitik dan bakteri tersebut mampu melanjutkan metabolisme kehidupannya dari hasil selulosa yang dihidrolisisnya berupa glukosa, sedangkan bakteri selulolitik mencerna makanan bagi rayap dengan hasil berupa glukosa untuk memenuhi kebutuhan nutrisi rayap (Ristiati *et.al.*, 2016). Pada saluran pencernaan rayap terdapat beberapa bakteri gram positif dari kelompok Actinomycetes ordo Actinomycetales yang meliputi genus *Cellulomonas*, *Microbacterium*, kelompok ordo Bacillales yang meliputi genus *Bacillus*, *Brevibacillus* dan *Paenibacillus*. Selain itu genus *Agrobacterium/Rhizobium*, *Brucella/Ochrhobactrum*, *Pseudomonas* juga terdapat pada saluran pencernaan rayap (Fallo dan Sine, 2016).



Gambar 1. Tahap Pemecahan Selulosa (Suryaningrum dan Samsudin, 2018).

Tahap dalam sistem enzimatis dalam proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa melalui dua tahap yaitu penguraian ikatan glukosidik menjadi selobiosa melalui β -1,4 glukonase dan penguraian ikatan β -1,4 glikosidik pada selobiosa menjadi glukosa melalui β -glukosidase. Tahap pertama, enzim endoglukonase menyerang daerah amorf dari selulosa secara acak dan membentuk makin banyak ujung-ujung non pereduksi yang memudahkan kerja eksoglukonase. Enzim glukonase selanjutnya menghidrolisis daerah kristal dari selulosa dengan membebaskan dua unit glukosa. Kerja sama kedua enzim ini menghasilkan unit-unit sakarida yang lebih kecil yang selanjutnya dihidrolisis oleh β -glukosidase yang akan menghasilkan glukosa (Suryaningrum dan Samsudin, 2018).

II.3 Fermentasi pada Bahan Pakan

Secara umum, fermentasi merupakan suatu proses metabolisme yang mengubah karbohidrat menjadi alkohol atau asam dengan bantuan mikroorganisme dan menghasilkan suatu produk (Maicas, 2020). Fermentasi adalah segala macam proses metabolik dengan bantuan enzim dari mikroba untuk melakukan oksidasi, reduksi, hidrolisa dan reaksi kimia lainnya sehingga terjadi perubahan kimia pada suatu substrat organik dengan menghasilkan produk tertentu dan menyebabkan terjadinya perubahan sifat bahan tersebut (Sarungu *et.al.*, 2020). Proses fermentasi terjadi tanpa adanya oksigen atau dikenal dengan fermentasi anaerob. Fermentasi terjadi di dalam saluran pencernaan semua hewan termasuk manusia contohnya pada sel otot manusia yang kekurangan oksigen maka akan terjadi fermentasi asam laktat. Fermentasi juga merupakan cara utama mikroorganisme untuk menghasilkan ATP dengan cara mendegradasi nutrisi organik secara anaerobik

(Soto, 2020). Secara garis besar, proses fermentasi dapat dibagi menjadi empat kategori berdasarkan tujuan produk yang akan dihasilkan yaitu (Bachruddin, 2014):

1. Proses fermentasi yang bertujuan memproduksi biomassa mikroba
2. Proses fermentasi yang bertujuan memproduksi enzim mikroba
3. Proses fermentasi yang bertujuan untuk menghasilkan senyawa-senyawa metabolit primer atau sekunder
4. Proses fermentasi yang bertujuan untuk memodifikasi senyawa kimia

Proses fermentasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lamanya waktu fermentasi, jumlah *starter*, jenis substrat, suhu, oksigen dan pH. Untuk mempercepat *starter* maka dibutuhkan bahan pemacu mikroba untuk menumbuhkan mikroorganisme. Bahan pemacu mikroba untuk fermentasi jerami padi dapat digunakan dua jenis bahan pemacu mikroba yaitu starbio dan EM-4. Starbio merupakan koloni bakteri alami yang digunakan pada pakan untuk memecah struktur jaringan yang sulit terurai sehingga dihasilkan lebih banyak zat nutrisi (Sarungu *et.al.*, 2020).

Proses fermentasi dibagi menjadi 2 model utama yaitu fermentasi media padat (*Solid state fermentation*) dan fermentasi media cair (*submerged fermentation*). SSF adalah suatu proses fermentasi dimana mikroorganisme tumbuh di lingkungan dengan kandungan air yang rendah (Oliva and Uribe, 2020). SSF juga dapat menghasilkan berbagai produk yang berbeda termasuk enzim, asam organik, konidia dan biomassa jamur. Media fermentasi pada metode ini berfungsi sebagai sumber karbon, nitrogen maupun sumber energi (Novianty *et.al.*, 2020). Dibandingkan dengan SMF (*Submerged Fermentation*), SSF memiliki keunggulan

yaitu Kondisi media mirip dengan habitat alami mikroba, efisiensi produk yang lebih tinggi, prosesnya sederhana, biaya produksi lebih rendah dan lebih hemat energi (Larasati dkk., 2012; Xu *et.al.*, 2021) .

Fermentasi jerami padi termasuk fermentasi media padat (*Solid State Fermentation*). Hal ini dikarenakan mikroorganisme tumbuh pada bahan padat tanpa adanya cairan (Larasati *et.al.*, 2012). Air yang terlalu tinggi dalam fermentasi padat tidak baik untuk perkembangan dan pertumbuhan mikroba. Kadar air pada substrat yang terlalu tinggi pada fermentasi media padat menyebabkan O₂ yang terdapat pada pori-pori substrat digantikan oleh H₂O sehingga tercipta kondisi anaerob. Akibatnya difusi O₂ dalam substrat berkurang dan berlanjut pada penurunan dekomposisi substrat (Mulyono *et.al.*, 2021).

Fermentasi jerami padi menggunakan starter mikroba akan meningkatkan kualitas nutrisi jerami padi. Hal ini dikarenakan telah terjadi pemecahan selulosa pada dinding sel jerami padi sehingga pakan akan lebih mudah dicerna oleh ternak (Tala, 2018). Proses fermentasi terjadi melalui 4 tahapan yaitu (Prasetyo, 2019).

1. Fase aerobik, normalnya fase ini berlangsung sekitar 2 jam yaitu ketika oksigen yang berasal dari atmosfer dan yang berada diantara partikel tanaman berkurang. Oksigen yang berada diantara partikel tanaman digunakan oleh tanaman, mikroorganisme aerob dan fakultatif aerob untuk melakukan proses respirasi.
2. Fase fermentasi, fase ini merupakan fase awal dari reaksi anaerob. Fase ini berlangsung dari beberapa hari hingga beberapa minggu tergantung dari komposisi bahan dan kondisi silase. Jika proses silase berjalan sempurna

maka bakteri asam laktat sukses berkembang. Bakteri asam laktat pada fase ini menjadi bakteri dominan dengan pH silase sekitar 3,8-5.

3. Fase stabilisasi, fase ini merupakan kelanjutan dari fase kedua; fase *feed-out* atau fase aerobik. Silo yang sudah terbuka dan kontak langsung dengan lingkungan maka akan menjadikan proses aerobik terjadi.

II.4 Analisis Protein Kasar

Protein merupakan komponen makro molekul utama yang dibutuhkan makhluk hidup. Istilah protein berasal dari bahasa Yunani yaitu *proteos* yang berarti yang utama atau didahulukan. Kata ini pertama kali diperkenalkan pada 1802-1880 oleh ahli kimia Belanda, Gerardus Mulder. Ia berpendapat bahwa protein adalah zat yang penting dalam setiap organisme. Protein merupakan rangkaian asam amino dengan ikatan peptida. Terdapat 20 macam asam amino yang umum terdapat didalam protein (Suprayitno dan Sulistiyati, 2017). Protein sebagai bagian dari kelompok senyawa organik kompleks, terutama terdiri atas gabungan asam-asam amino dalam ikatan peptida yang mengandung C, H, O, N dan kadang-kadang S. Protein mengandung 50-55% unsur karbon (C), 6-7% unsur hidrogen (H), 20-23% unsur oksigen (O), 12-19% unsur nitrogen (N) dan 0,2-3,0% unsur belerang/sulfur (S) (Al-Awwaly, 2017).

Protein dapat dibagi menjadi 2 kelas utama, yaitu protein sejati (*True protein*) dan protein kasar (*Crude Protein*). Protein sejati tersusun atas asam amino (*Amino Acids*) berantai panjang dan setiap proteinnya menjadi berbeda karena tersusun atas 20 asam amino yang urutannya unik (Sampurna, 2013). Sedangkan protein kasar adalah semua zat yang mengandung nitrogen. Dalam protein rata-rata

mengandung nitrogen 10% (kisaran 13-19%). Protein kasar terdiri dari asam-asam amino yang saling berikatan (ikatan peptida), amida, amina dan semua bahan organik yang mengandung nitrogen (Tim Laboratorium IPB, 1998).

Penetapan kadar protein dalam bahan pakan dapat dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl yang telah resmi diakui oleh AOAC. Metode ini didasarkan pada pengukuran kadar nitrogen total yang ada di dalam sampel. Kandungan protein dapat dihitung dengan mengasumsikan rasio tertentu antara protein terhadap nitrogen untuk sampel yang dianalisis. Karena unsur nitrogen bukan hanya berasal dari protein, maka metode ini umumnya mendasarkan pada asumsi bahwa kandungan nitrogen di dalam protein adalah sekitar 16%. Untuk mengubah dari kadar nitrogen ke dalam kadar protein, digunakan angka faktor konversi sebesar 100/16 atau 6,25 (Yenrina, 2015).

III.5 Analisis Serat Kasar

Serat biasanya digunakan sebagai indeks negatif dari kualitas pakan, dimana secara umum menggambarkan bagian dari komponen pakan yang tidak dapat dicerna (Tim Laboratorium IPB, 1998). Berdasarkan pada fungsinya di dalam tanaman, serat dibagi menjadi 3 fraksi utama yaitu polisakarida struktural yang terdapat pada dinding sel, yaitu selulosa, hemiselulosa dan substansi pektat; non polisakarida struktural yang struktural yang sebagian besar terdiri dari lignin dan polisakarida non struktural yaitu gum dan agar agar (Santoso, 2011).

Serat dibedakan menjadi dua yaitu serat kasar (*crude fiber*) dan serat makanan. Serat kasar dibutuhkan ternak non ruminansia sebagai pemacu kerja dari alat pencernaan dan pada saat tertentu dapat mencegah terjadinya pengumpulan

makanan pada saluran pencernaan. Sedangkan serat makanan merupakan bagian dari bahan yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan (Sasae *et.al.*, 2020).

Serat kasar adalah semua zat organik yang tidak larut dalam H_2SO_4 0.3 N dan dalam NaOH 1.5 N yang berturut-turut dimasak selama 30 menit (Jamaluddin *et.al.*, 2018). Komponen serat kasar meliputi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Lignin merupakan bagian dari kayu yang mengandung suatu zat kompleks yang tidak dapat dicerna. Ikatan antara lignin dengan selulosa dan hemiselulosa ini akan menurunkan kemampuan enzim mikroba dalam mencerna serat kasar. Lignin dan silika tidak dapat dihancurkan oleh mikrobia. Selulosa terdiri dari unit β -glukosa yang berikatan dengan ikatan 1,4. Zat ini hanya dapat dicerna dengan enzim selulase yang dihasilkan oleh mikrobia selulolitik dalam proses fermentasi (Irawan *et.al.*, 2012). Kandungan selulosa yang tinggi akan menurunkan tingkat kecernaan nutrisi lain. Hal ini sesuai dengan pendapat (Pangestu *et.al.*, 2018). bahwa semakin rendah kecernaan serat kasar akan menyebabkan kecernaan dari zat nutrisi yang seharusnya dapat tercerna ikut terbuang bersama ekskreta serta serat kasar dapat menghambat kerja dari enzim pencernaan.

Serat kasar (*crude fiber*) pada pakan dianalisis secara kimiawi dengan perlakuan asam atau basa kuat (Atma, 2018). Langkah pertama metode pengukuran kandungan serat kasar adalah menghilangkan semua bahan yang larut dalam asam dengan pendidihan sulfat. Bahan yang larut dalam alkali dihilangkan dengan pendidihan dalam larutan sodium alkali. Residu yang tidak larut dinamakan sebagai serat kasar (Jamaluddin *et.al.*, 2018).

II.6 *Effective Microorganism 4 (EM-4)*

Effective microorganism 4 (EM-4) merupakan suatu media berupa cairan berwarna kecoklatan dan beraroma manis asam yang berisi mikroorganisme yang dapat memecah senyawa polimer seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi senyawa monomernya (Megawati dan Aji, 2015; Irawan dan Suwanto, 2016). EM-4 merupakan kumpulan kultur mikroorganisme menguntungkan yang bersifat fermentatif yang terdiri dari bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp.), jamur fermentasi, bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.) dan ragi (Badrah *et.al.*, 2021; Widari *et.al.*, 2020). EM-4 ini mudah ditemukan di pasaran dan harganya juga terjangkau (Astutik *et.al.*, 2020).

Mikroorganisme dalam EM-4 bekerja secara sinergis dan saling menguntungkan serta mampu menghasilkan enzim yang dapat mencerna serat kasar seperti selulase dan mannase (Suryani *et.al.*, 2017). Mikroorganisme yang terdapat dalam EM-4 akan membantu mempercepat proses fermentasi dengan memanfaatkan karbon untuk sumber energi dan nitrogen untuk sintesis protein. Selain itu, mikroorganisme dalam EM-4 juga akan merangsang perkembangan mikroorganisme yang muncul dari bahan baku sehingga mikroorganismeyang melakukan proses fermentasi lebih banyak (Sriatun *et.al.*, 2009). Selain itu, mikroorganisme dalam EM-4 dapat meningkatkan konsumsi pakan pada hewan ternak. Hal ini disebabkan karena mikroorganisme dalam EM-4 mampu menurunkan kadar serat kasar pada pakan ternak (Kusuma, 2015).