

SKRIPSI

**PENINGKATAN KUALITAS TONGKOL JAGUNG *Zea mays* L. DENGAN
PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK SEBAGAI PAKAN TERNAK**



OLEH

NURUL AULYAH DHIENSNY

H041181019

DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**PENINGKATAN KUALITAS TONGKOL JAGUNG *Zea mays* L. DENGAN
PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK SEBAGAI PAKAN TERNAK**

SKRIPSI

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



NURUL AULYAH DHIENSY

H041 18 1019

DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENINGKATAN KUALITAS TONGKOL JAGUNG *Zea mays* L. DENGAN
PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK SEBAGAI PAKAN TERNAK**

Disusun dan diajukan oleh

NURUL AULYAH DHIENSNY

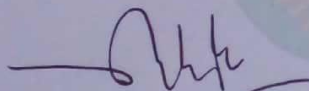
H041181019

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
Rangka Penyelesaian Program Sarjana Studi Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 08 Agustus 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

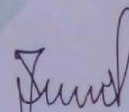
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

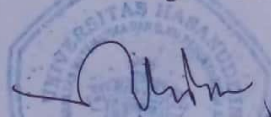


Dr. Nur Haedar, M.Si
NIP.196801291997022001



Dr. Jamila, S.Pt., M.Si
NIP.197505112003122003

Ketua Program Studi,



Dr. Nur Haedar, M.Si
NIP.196801291997022001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Aulyah Dhiensny
NIM : H041181019
Program Studi : Biologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul:

PENINGKATAN KUALITAS TONGKOL JAGUNG *Zea mays* L. DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI SELULOLITIK SEBAGAI PAKAN TERNAK

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

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

Makassar, 8 Agustus 2022

Yang menyatakan,



Handwritten signature of Nurul Aulyah Dhiensny.

Nurul Aulyah Dhiensny

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas rahmat dan kehendak-Nya sehingga penulis dapat menuntaskan penyusunan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa pula kita kirimkan salam dan shalawat kepada Rasulullah SAW. yang telah membawa umat manusia dari alam kegelapan menuju alam yang terang benderang dan penuh dengan ilmu pengetahuan, sehingga penelitian dan penulisan skripsi penulis dengan judul **“Peningkatan Kualitas Tongkol Jagung *Zea mays* L. Dengan Penambahan Bakteri Selulolitik Sebagai Pakan Ternak”** dapat diselesaikan dengan baik tanpa suata hambatan yang berarti.

Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang digunakan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program pendidikan sarjana (S1) di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, bantuan serta doa dari berbagai pihak. Dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua orang tua, Bapak Udhin Hans dan Ibu Hj. Rusny Abdullah, yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Terima kasih pula yang sebesar-besarnya kepada saudara penulis, Moammar Aqram Khadafy D. dan Mohammed Yasser Juan Arafat D., serta kepada kerabat dekat yang banyak memberi bantuan dan semangat kepada penulis.

Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si selaku pembimbing utama dan Ibu Dr. Jamila,

S.Pt., M.Si atas setiap ilmu, bimbingan, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis. Segala saran, masukan, dan motivasi yang diberikan kepada penulis dapat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan lancar hingga selesai.

Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis mendapat banyak bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka dari itu, dengan kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta jajarannya.
2. Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, beserta staf pegawainya.
3. Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si selaku Ketua Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Ibu Dr. Zohra Hasyim, M.Si selaku Penasihat Akademik (PA) sekaligus Penguji yang senantiasa memberikan masukan dan nasihat kepada penulis sejak awal perkuliahan hingga selesai.
5. Kepada Ibu Mustika Tuwo, S.Si, M.Sc selaku Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi.
6. Kepada Bapak dan Ibu Dosen Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang senantiasa memberikan ilmu, motivasi dan bantuan selama masa perkuliahan. Kepada Staf dan Pegawai Departemen Biologi yang telah banyak membantu dalam berbagai urusan administrasi selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
7. Kepada Kakak Fuad Gani S.Si yang telah banyak memberi saran, bantuan dan arahan selama proses penelitian ini.
8. Kepada Tenaga Kependidikan Laboratorium Industri Pakan Fakultas

Peternakan Universitas Hasanuddin, yang telah memberi bantuan dan arahan selama proses penelitian ini.

9. Rekan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi yaitu Mujiza A. Salam dan Mutia Putri yang telah menemani dalam susah senang penelitian ini.
10. Kepada Isa Wulandari, Aryuni Utariningsih dan Mifdhayani Maryam, terima kasih telah menemani dan banyak memberi bantuan terhadap penulis dari awal perkuliahan hingga selesai.
11. Kepada Fahdil, Isa, Besse, Aryuni, Shamad dan Resky, terima kasih telah banyak sekali membantu penulis sampai saat ini.
12. Kepada Biologi 2018, terima kasih atas segala kebersamaan dalam suka maupun duka selama perkuliahan ini.
13. Kepada Alifah, Anugrah, Widyah, Nadine dan Tenri, terima kasih telah mewarnai hari-hari penulis sebagai seorang mahasiswa, terima kasih atas dukungannya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
14. Semua pihak lainnya yang ikut terlibat dalam proses perkuliahan, pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu.

Akhir kata penulis ucapkan terima kasih, besar harapan agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Makassar, 10 Juli 2022

Nurul Aulyah Dhiensny

Abstrak

Produktivitas peternakan sangat bergantung terhadap kualitas dan kuantitas sediaan pakan ternak hijauan, oleh karena itu diperlukan alternatif dari pakan ternak hijauan dengan menggunakan limbah pertanian, salah satunya yaitu tongkol jagung. Tongkol jagung mengandung selulosa dan hemiselulosa sebagai sumber energi bagi ternak, namun perlu dilakukan serangkaian upaya untuk meningkatkan kualitas tongkol jagung sebagai pakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi isolat bakteri selulolitik yang diisolasi dari saluran pencernaan rayap dalam meningkatkan kandungan nutrisi tongkol jagung fermentasi. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) 5 perlakuan dan 3 ulangan sebagai berikut R0 = tanpa penambahan isolat; R1 = tongkol jagung + isolat RpE 5; R2 = tongkol jagung + isolat RpE 11; R3 = tongkol jagung + isolat RpE 5 dan RpE 11; R4 = tongkol jagung + EM4 (kontrol positif). Berdasarkan penelitian, diperoleh hasil yaitu R0 memiliki kandungan protein kasar 3.01% dan serat kasar 35.64%, R1 memiliki kandungan protein kasar 3.3% dan serat kasar 32.52%, R2 memiliki kandungan protein kasar 2.77% dan serat kasar 33.88%, R3 memiliki kandungan protein kasar 3.72% dan serat kasar 33.56%, serta R4 memiliki kandungan protein kasar 3.6% dan serat kasar 34.12%. Hasil terbaik yang diperoleh yaitu pada perlakuan R3 (gabungan RpE 5 dan RpE 11) dengan protein kasar sebesar 3.72% dan serat kasar 33.56%.

Kata kunci: Tongkol Jagung, Bakteri Selulolitik, Protein Kasar, Serat Kasar

Abstract

Livestock productivity is highly dependent on the quality and quantity of forage animal feed preparations. Therefore, an alternative to forage animal feed is needed using agricultural waste, one of them is corn cob. Corn cobs can be used as an alternative to animal feed. Corn cobs contain cellulose and hemicellulose which are a source of energy for ruminants, but it is necessary to make a series of efforts to improve the quality of corn cobs as feed. This study aimed to determine the potential of cellulolytic bacterial isolates isolated from the digestive tract of termites in increasing the nutritional content of fermented corn cobs. The research design used was a completely randomized design with 5 treatments and 3 replications as follows R0 = without the addition of isolates. R1 = corncob + isolate RpE 5; R2 = corncob + isolate RpE 11; R3 = corncob + isolate RpE 5 and RpE 11; R4 = corncob + EM4 (positive control). Based on the research, the results obtained are that R0 has a crude protein content of 3.01% and crude fiber 35.64%, R1 has a crude protein content of 3.3% and a crude fiber of 32.52%, R2 has a crude protein content of 2.77% and crude fiber of 33.88%, R3 has a crude protein content of 3.72% and a crude fiber of 33.56%, and R4 has a protein content 3.6% and crude fiber of 34.12%. The best results obtained were in the R3 treatment (a combination of RpE 5 and RpE 11) with 3.72% crude protein and 33.56% crude fiber.

Keywords: Corn cobs, cellulolytic bacteria, crude protein, crude fiber

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Manfaat Penelitian.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Waktu dan Tempat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Tinjauan Umum Tongkol Jagung.....	4
II.2 Bakteri Selulolitik.....	6
II.3 Fermentasi pada Bahan Pakan.....	11
II.4 Analisis Protein Kasar.....	15
II.5 Analisis Serat Kasar.....	17
II.6 <i>Effective Microorganism 4</i> (EM-4).....	18
BAB III METODE PENELITIAN	
III.1 Alat.....	20

III.2 Bahan.....	20
III.3 Metode Kerja.....	20
III.3.1 Sterilisasi Alat dan Pembuatan Media.....	20
III.3.2 Persiapan Inokulum Bakteri.....	21
III.3.3 Persiapan Sampel.....	21
III.3.4 Parameter Pengamatan.....	22
III.3.5 Analisis Data.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Pewarnaan Gram.....	26
IV.2 Pengamatan Fisik Tongkol Jagung Hasil Fermentasi.....	27
IV.3 Perhitungan Total Bakteri.....	32
IV.4 Kandungan Nutrisi Tongkol Jagung Hasil Fermentasi.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan.....	39
V.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai ukur kualitas silase.....	23
2. Nilai Pengamatan Fisik Tongkol Jagung Hasil Fermentasi.....	28
3. Nilai Pengukuran pH Tongkol Jagung Hasil Fermentasi.....	30
4. Hasil Perhitungan Total Bakteri.....	32
5. Kandungan Nutrisi Tongkol Jagung Hasil Fermentasi.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur tongkol jagung.....	5
2. Tiga fraksi jaringan tongkol jagung.....	5
3. Skema tahapan dalam selulolisis.....	9
4. Hasil Pewarnaan Gram RpE 5 dan RpE 11.....	26
5. Grafik Perbandingan Nilai pH Tongkol Jagung pada Tiap Interval Waktu Inkubasi.....	31
6. Histogram Perhitungan Total Bakteri.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Penelitian.....	46
2. Skema Kerja Persiapan Inokulum Bakteri RpE 5 dan RpE 11.....	47
3. Skema Kerja Persiapan Sampel Tongkol Jagung.....	48
4. Skema Kerja Fermentasi Sampel Tongkol Jagung.....	49
5. Skema Kerja Pengamatan Fisik Hasil Fermentasi.....	50
6. Skema Kerja Perhitungan Jumlah Bakteri.....	51
7. Skema Kerja Analisis Protein Kasar.....	52
8. Skema Kerja Analisis Serat Kasar.....	53
9. Analisis Statistik SPSS Pengukuran pH Hasil Fermentasi.....	54
10. Analisis Statistik SPSS Perhitungan Total Bakteri (SPC).....	56
11. Hasil Analisis Protein Kasar dan Serat Kasar.....	58
12. Analisis Statistik SPSS Kandungan Protein Kasar.....	59
13. Analisis Statistik SPSS Kandungan Serat Kasar.....	60
14. Foto Prosedur Penelitian.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Produktivitas peternakan sangat bergantung terhadap kualitas dan kuantitas sediaan pakan ternak hijauan. Namun, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan pakan ternak hijauan, seperti iklim, kondisi tanah, penggunaan lahan yang masih terbatas untuk tanaman pakan, serta musim kemarau yang menyebabkan rendahnya mutu pakan ternak yang didapatkan (Agustono dkk., 2017). Limbah pertanian tersedia dalam jumlah yang melimpah dan mudah ditemukan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pakan ternak, khususnya ternak ruminansia.

Tongkol, daun, dan batang merupakan residu penting dari pengolahan dan penggunaan jagung. Setiap 1 kg biji jagung kering yang dihasilkan, diperoleh sekitar 0.15 kg tongkol, 0.22 kg daun dan 0.50 kg batang. Hasil produksi tanaman jagung pada tahun 2011 meninggalkan residu sekitar 130.13 juta ton tongkol, 190.85 juta ton daun dan 433.76 juta ton batang (Zhang *et al.*, 2012).

Menurut BPS (2016), produksi jagung di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 19,612,435 ton, terkhusus di daerah Sulawesi Selatan mencapai 1,528,414 ton. Dalam kurun waktu 2008-2017, produksi jagung di Sulawesi Selatan mengalami peningkatan sebesar 66,738 per tahun dari rata-rata 1,500,486 per tahun (Jam'an dkk., 2018). Angka yang besar ini menjadikan limbah pertanian berupa tongkol jagung melimpah ruah sehingga mudah ditemukan dan diolah menjadi pakan ternak. Tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang mengandung selulosa dan hemiselulosa sehingga dapat dijadikan sebagai sumber energi bagi ruminansia. Namun, kendala utama dalam pemanfaatan tongkol

jagung sebagai pakan ternak yaitu kualitas yang rendah, meliputi kadar lignin (5.2%) dan kadar selulosa yang tinggi (30%) serta kadar protein yang rendah (2.94%) (Yahya *et al.*, 2016). Kandungan serat yang tinggi pada pakan dapat mengurangi tingkat daya cerna dan efisiensi pakan (Rostika and Safitri, 2012).

Rendahnya kualitas tongkol jagung sebagai pakan ternak menyebabkan perlunya dilakukan serangkaian upaya untuk meningkatkan palatabilitas pakan (Rostika and Safitri, 2012). Upaya yang dapat dilakukan dalam meningkatkan kualitas tongkol jagung sebagai pakan ternak yaitu dengan memberi perlakuan secara fisik, kimia, biologi, maupun kombinasi beberapa perlakuan tersebut. Perlakuan secara fisika dapat dilakukan dengan mencacah bahan pakan. Perlakuan secara kimia dilakukan dengan menambahkan amonia. Perlakuan secara biologi yaitu dengan fermentasi menggunakan mikroba selulolitik (Yahya *et al.*, 2016).

Dalam penelitian ini, digunakan bakteri selulolitik yang telah diisolasi pada penelitian sebelumnya yaitu oleh Irsyah (2021). Isolat tersebut ditambahkan dalam proses fermentasi untuk meningkatkan kualitas tongkol jagung sebagai pakan ternak. Pada awalnya, rayap dipercaya tidak mampu mencerna lignin secara baik, namun perbandingan oleh Seifert (1962) dari konteks lignin pada kayu dan feses menunjukkan rayap setidaknya mampu mendemilasi lignin (Kato, 1998). Rayap adalah salah satu serangga pencerna lignoselulosa yang dikenal mampu memecah lignin dan mencerna polimer karbohidrat (Azizi-Shotorkhoft *et al.*, 2016). Dalam mencerna selulosa, rayap memerlukan enzim selulolitik, yaitu selulase yang dapat dihasilkan oleh rayap sendiri dan oleh simbiosis rayap (Febriyanto *et al.*, 2015).

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang diuraikan di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai potensi limbah pertanian tongkol jagung sebagai pakan ternak dengan penambahan bakteri selulolitik.

I.2 Tujuan Penelitian

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

I.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai potensi isolat bakteri selulolitik dalam meningkatkan kandungan nutrisi tongkol jagung sehingga dapat dijadikan sebagai pakan ternak.

I.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2022, di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

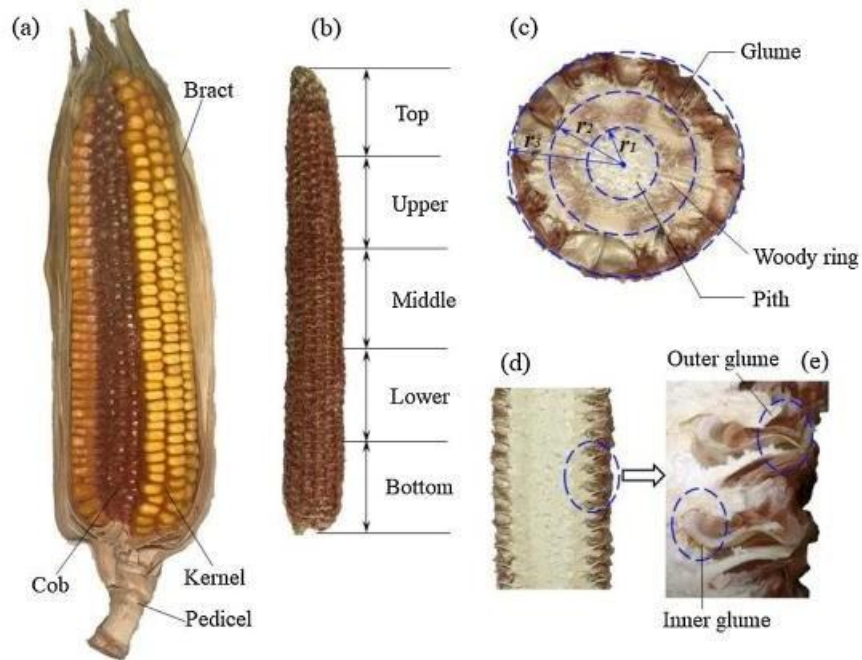
II.1 Tinjauan Umum Tongkol Jagung

Jagung merupakan salah satu tanaman di dunia yang memiliki beragam manfaat. Di Indonesia, jagung merupakan alternatif makanan pokok pengganti nasi, dimana sekitar 18 juta orang Indonesia menggunakan jagung sebagai makanan pokok, seperti yang terlihat di wilayah Nusa Tenggara Barat dan Madura. Selain itu, jagung juga memegang peranan penting sebagai komoditas di Indonesia dalam aspek bisnis dan pemanfaatan lainnya, yaitu sebagai bahan baku pangan dan pakan seperti pakan unggas, serta bahan baku untuk membuat bioenergi terbarukan (Wanto *et al.*, 2019). Berikut klasifikasi tanaman jagung berdasarkan ITIS :

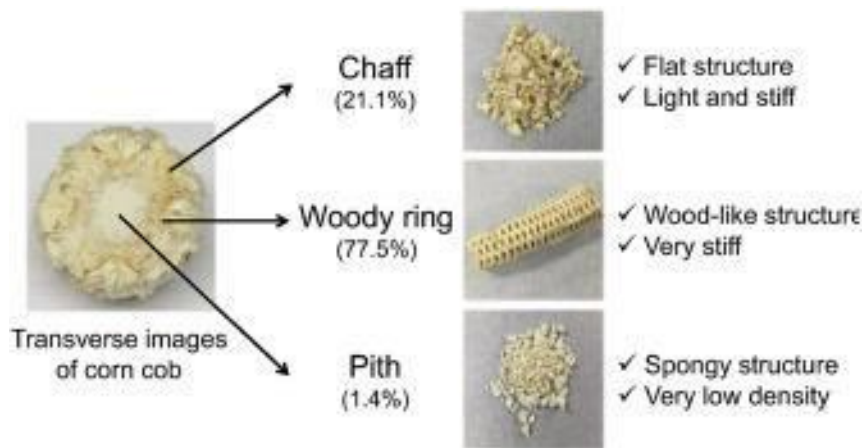
Regnum	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Poales
Familia	: Poaceae
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i> L.

Produksi jagung dunia meningkat dari 599.35 hingga 867.52 juta ton (peningkatan 44.74%) selama periode 2001-2011, dimana angka ini lebih tinggi dari peningkatan populasi dunia sebesar 12.34% (6.16 hingga 6.92 miliar) selama periode yang sama. Perkiraan nilai produksi jagung dunia tahun 2011 sebesar US\$ 199.53 miliar (Zhang *et al.*, 2012).

Tongkol jagung adalah bahan yang didapatkan setelah biji-biji jagung dilepaskan (Arumugan dan Anandakumar, 2016).



Gambar 1. Struktur tongkol jagung (Zou *et al.*, 2021). (a) tongkol jagung; (b) irisan melintang tongkol jagung; (c) irisan membujur tongkol jagung



Gambar 2. Tiga fraksi jaringan tongkol jagung (Takada *et al.*, 2018)

Tongkol jagung terdiri dari tiga fraksi jaringan dengan struktur fisik yang berbeda satu sama lain. Bagian luarnya, sekam yang bersifat ringan dan kaku, dan strukturnya berkerut. Bagian tengah berupa cincin kayu, adalah struktur lignifikasi dan sangat kaku seperti xilem berkayu. Bagian dalam berupa empulur, bersifat sangat ringan dan strukturnya kenyal. Sekam, cincin kayu, dan empulur

masing-masing terdiri dari 21.1%, 77.5%, dan 1.4% berdasarkan berat kering oven (Takada *et al.*, 2018).

Tongkol jagung mengandung hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Secara khusus, tongkol jagung terdiri dari 40% biomassa yang tersedia, sedangkan 10% produk dimanfaatkan untuk biokonversi. Dalam tongkol jagung, terdapat hemiselulosa berupa xilan yang merupakan salah satu heteroxylanshas β -(1,4)-linked residu xilosa kompleks. Komponen ini umumnya dibuat dengan 33-35% arabinosa, 3-6% galaktosa, 6-16% asam glukuronat dan 48-53% xilosa. Umumnya 80% xilan tersubstitusi tinggi dengan rantai samping monomer asam glukuronat atau arabinosa yang terkait dengan O-2 atau O-3 residu xilosa. Selain itu, rantai samping oligomer memiliki residu arabinosa, xilosa dan sedikit galaktosa (Arumugan and Anandakumar, 2016).

Tongkol jagung merupakan produk pertanian yang berkualitas rendah. Kandungan serat tinggi, protein dan pencernaan rendah, di mana kandungan bahan kering 90%, kadar abu 1.9%, protein kasar 3.6%, lemak kasar 0.8%, serat kasar 40.2%, BETN 53.5%, selulosa 28%, lignin 7%, TDN 50% (Noviani dkk., 2018). Tongkol jagung yang digiling dengan kadar air sekitar 6.4% memiliki ukuran partikel 0.58 mm, berat jenis 282.38 kg/m³ dan porositas 67.93%. Selain itu, tongkol jagung dilaporkan mengandung karbon tetap, zat mudah menguap, nilai kalor tinggi 5-21%, 65-80%, dan 18-19 MJ/kg, masing-masing, dan hasil ini tergantung pada kadar air dan varietas jagung (Sulaiman *et al.*, 2019).

II.2 Bakteri Selulolitik

Bakteri selulolitik merupakan bakteri yang mampu menghasilkan selulase dari berbagai jenis sumber dan habitat. Habitat dari bakteri selulolitik

dapat berupa kotoran hewan, bahan yang membusuk, rumen, dan usus rayap. Sebagian besar bakteri selulolitik termasuk aerobik, anaerobik, termofilik, mesofilik, psikrofil dan halofil. Beberapa contoh bakteri selulolitik yaitu *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Cellulovibrio*, *Paenibacillus* dan *Thermomonospora* (Sahoo *et al.*, 2020). Contoh lainnya yaitu *Ruminococcus albus*, *Trichonympha*, *Actinomycetes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides succinogenes* dan *Methanobrevibacter ruminantium* (Patel *et al.*, 2015).

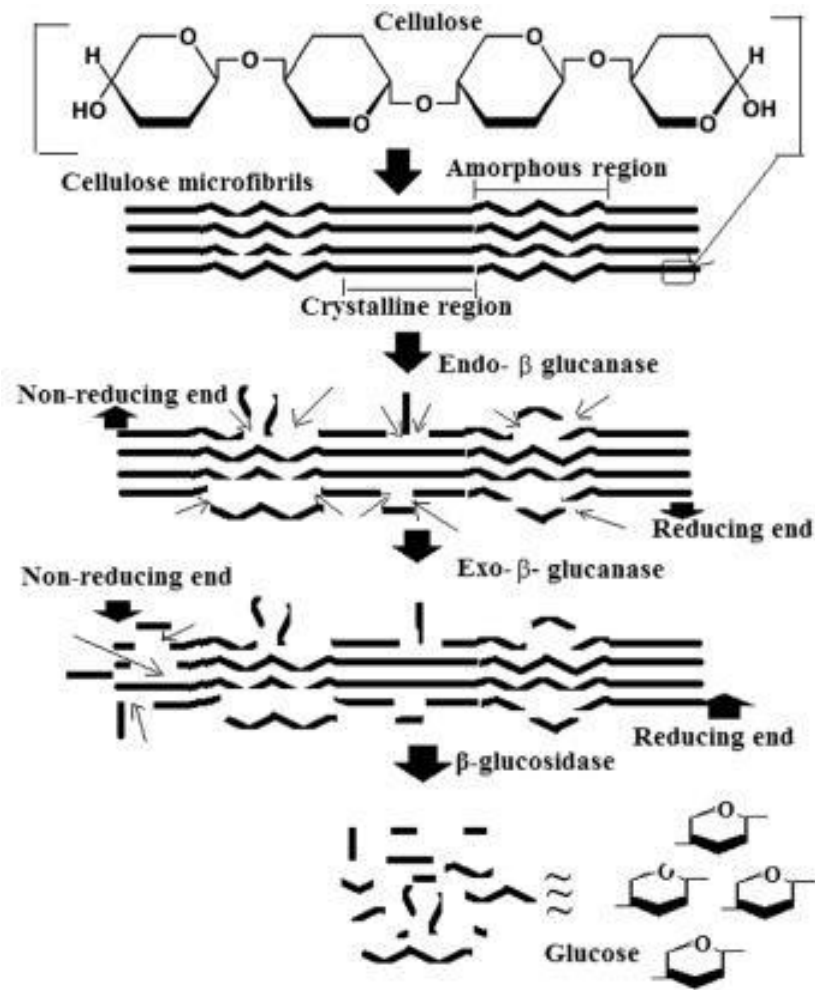
Dalam dua tahun terakhir, setidaknya 9 spesies bakteri baru secara resmi dideskripsikan secara langsung sebagai bakteri pendegradasi selulosa dalam *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* (IJSEM), jurnal resmi rekor taksa prokariotik baru. Spesies tersebut yaitu *Streptomyces abietis*, *Ornatilinea apprima*, *Kallotenue papyrolyticum*, *Bacteroides luti*, *Alicyclobacillus cellulosityticus*, *Caldicellulosiruptor changbaiensis*, *Herbinix hemicellulosilytica*, *Anaerobacterium chartisolvens* yang diisolasi dari berbagai macam lingkungan. Selanjutnya, spesies dengan aktivitas selulolitik dipublikasikan di jurnal lain. Huang *et al.* (2012) melaporkan untuk pertama kalinya aktivitas selulolitik dari *Ochrobactrum haematophilum*, *Siphonobacter aquaeclarae*, *Cellulosimicrobium funkei*, *Ochrobactrum cytisi*, *Kaistia adipata*, *Devosia riboflavina*, *Labrys neptuniae*, *Paracoccus sulfuroxidans* dan *Citrosegloudeoundi*, *Ensifer adhaerides* larva *Holotrichia parallela*. Baru-baru ini, Hameed *et al.* (2015) mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri laut pendegradasi selulosa baru yang disebut *Oricola cellulositytica*, yang berafiliasi dengan famili *Phyllobacteriaceae* dari permukaan air pantai (Menendez *et al.*, 2015).

Bakteri selulolitik mampu mempercepat penguraian bahan organik. Selain itu, sekresi enzim selulase oleh bakteri selulolitik dapat menguraikan bahan baku pakan ternak (Kurniawan *et al.*, 2019). Enzim selulase terdiri dari endo-1,4- β -glukanase, exo-1,4- β -glukanase, dan -D-glukosidase. Endo-1,4- β -glukanase berperan dalam memecah rantai selulosa pada molekul selulosa menjadi lebih pendek, exo-1,4- β -glukanase memotong ujung rantai selulosa untuk menghasilkan molekul selobiosa, sedangkan -D-glukosidase memecah molekul menjadi dua molekul glukosa selobiosa (Meryandini *et al.*, 2011).

Metode pemecahan selulosa oleh enzim selulase adalah sebagai berikut (Ray and Behera, 2017):

- a. Endo- β -glukanase, 1,4- β -D-glukan glukanohidrolase, CMC_{ase}, Cx: pemotongan “acak” rantai selulosa yang menghasilkan glukosa dan selo-oligosakarida.
- b. Exo- β -glukanase, 1,4- β - D- glukan cellobiohidrolase, Avicelase, C1: *exo-attack* pada ujung *nonreducing* selulase dengan selobiosa sebagai produk utama.
- c. D-glucosidase, cellobiase: hidrolisis selobiosa menjadi glukosa.

Secara formal, mikroba dalam mendegradasi lignoselulosa dapat dibagi menjadi tiga tahap: (1) tahap hidrolitik, (2) tahap fermentasi/oksidasi, dan (3) tahap metanogenik/asetogenik. Fermentor sekunder yang bersama-sama dengan hidrogen menggunakan mikroba seperti metanogen secara sinergis mendegradasi asam lemak rantai pendek, seperti asam propionat atau asam butirat, dalam kondisi anaerobik lainnya habitat alami tidak diperlukan dalam usus hewan, karena asam ini diambil oleh tuan rumah melalui epitel usus. Dengan demikian asam ditarik dari usus dan kemudian dioksidasi secara aerob dalam hemolimfa. Oleh karena itu, mereka tidak perlu diurai oleh mikroba (Konig *et al.*, 2013).



Gambar 3. Skema tahapan dalam selulolisis (Ray and Behera, 2017)

Selain bakteri, fungi juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan berbagai macam enzim selulase dan hemiselulase. Penggunaan fungi sebagai penghasil enzim selulase lebih ditekankan karena sejumlah besar enzim selulolitik yang dihasilkannya sedikit lebih kompleks dan mudah untuk dimurnikan dibanding dengan selulase yang dihasilkan oleh bakteri. Sadhu dan Maiti (2013) menyatakan bahwa terdapat beberapa alasan yang menunjukkan bahwa isolasi dan karakterisasi selulase dari bakteri lebih efisien, yaitu: i) bakteri memiliki laju pertumbuhan yang lebih tinggi daripada fungi, ii) selulase yang dihasilkan bakteri seringkali lebih kompleks dan berada dalam kompleks multi-enzim yang mampu

meningkatkan fungsi dan sinergi enzim tersebut, iii) bakteri menghuni berbagai macam lingkungan, serta terdiri dari beberapa golongan seperti termofilik, psikrofilik, alkalifilik, asidofilik, hingga strain halofili, yang menghasilkan strain selulolitik yang tahan terhadap lingkungan dengan tingkat stres yang tinggi. Strain ini menghasilkan enzim selulolitik di bawah kondisi yang tidak menguntungkan, serta ditemukan stabil di bawah kondisi ekstrim. Hal ini dapat meningkatkan hidrolisis enzimatis, fermentasi dan pemulihan produk.

Usus rayap adalah contoh ekosistem yang dihuni oleh mikroorganisme pendegradasi polisakarida alami yang tahan lama. Dua selulase dan 12 klon xilanase diidentifikasi dari komunitas mikroba di usus belakang rayap pemakan kayu *Microcerotermes* sp. (Konig *et al.*, 2013).

Tujuan dari sistem simbiosis ini adalah untuk mengubah lignoselulosa menjadi asetat, propionat dan butirrat, dan sel mikroba. Keuntungan dari simbiosis tersebut untuk inang adalah kemampuan untuk menggunakan senyawa yang sulit terdegradasi sebagai sumber makanan, sedangkan mikroflora memiliki lingkungan konstan dan pasokan substrat dari inang. Asam lemak rantai rendah yang dihasilkan oleh mikrobiota digunakan oleh rayap sebagai sumber energi dan karbon. Gas hidrogen, metana, dan karbon dioksida dilepaskan dalam jumlah yang signifikan ke atmosfer. Lignin tidak terdegradasi secara signifikan selama perjalanan melalui usus, tapi diekskresikan. Ekosistem "usus rayap" adalah ruang fermentasi kecil, tetapi flora mikroba dan interaksi dengan inangnya sangat kompleks dan efisien. Oleh karena itu, rayap memainkan peran ekologis yang signifikan dalam mineralisasi bahan organik, terutama lignoselulosa selama siklus karbon (Konig *et al.*, 2013).

Jumlah total prokariota di usus belakang rayap terletak dalam kisaran 10^7 – 10^{11} per ml^{-1} . Bakteri selulolitik yang diisolasi dalam usus rayap sebagian besar bersifat anaerobik fakultatif atau bakteri mikroaerofilik. Spesies yang mendominasi berasal dari genus *Bacillus* dengan jumlah hingga 10^7 per ml isi usus (Konig *et al.*, 2013).

II.3 Fermentasi pada Bahan Pakan

Proses fermentasi digunakan sejak ribuan tahun lalu untuk pengawetan makanan, dan saat ini telah banyak digunakan untuk produksi massal bahan kimia, serta obat-obatan (Formenti *et al.*, 2014). Fermentasi merupakan proses seluler anaerobik (tidak menggunakan oksigen) dimana bahan organik diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana dan menghasilkan energi. Fermentasi banyak terjadi pada berbagai spesies mikroba, hingga pada jaringan otot mamalia yang bekerja secara anaerob (Owens and Basalan, 2016).

Contoh produk fermentasi yang terkenal adalah (Formenti *et al.*, 2014):

(1) Asam organik yang dihasilkan oleh jamur berfilamen, misalnya -produksi asam sitrat oleh *Aspergillus niger*, (2) 1,3-propanediol yang diproduksi oleh beberapa spesies mikroorganisme, dimana yang paling terkenal adalah proses produksi 1,3-propanediol yang didirikan oleh DuPont, berdasarkan galur *Escherichia coli* yang dimodifikasi secara genetik, (3) Antibiotik. Penisilin, antibiotik pertama yang ditemukan, diproduksi dalam skala besar oleh *Penicillium chrysogenum*, (4) Produksi protein rekombinan seperti: insulin oleh *E. coli* dan interferon manusia, antigen permukaan hepatitis B dan insulin oleh *Saccharomyces cerevisiae*.

Pengawetan bahan pakan dapat dilakukan dengan cara pembuatan silase. Silase adalah hasil penyimpanan dan fermentasi hijauan segar dalam kondisi anaerob dengan bantuan bakteri asam laktat. Produksi bahan pakan melalui proses fermentasi memiliki sejumlah keuntungan dalam meningkatkan kualitas pakan dan kemampuan usus dalam mencerna pakan, dibandingkan dengan aditif pakan lainnya seperti prebiotik, probiotik, sinbiotik, ekstrak tumbuhan serta enzim (Owens and Basalan, 2016).

Terdapat beberapa teknik untuk pembuatan pakan fermentasi, termasuk fermentasi cairan dan fermentasi solid-state. Fermentasi secara spontan pada umumnya dapat dengan mudah terjadi, namun hal ini perlu dihindari karena fermentasi spontan dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme secara berlebihan sehingga dapat bersifat berbahaya karena terjadinya produksi metabolit beracun (Dai *et al.*, 2020).

Fermentasi bahan pakan dalam bentuk padatan (fermentasi *solid state*). Fermentasi *solid state* (SSF) adalah proses di mana mikroorganisme tumbuh di lingkungan tanpa air bebas, atau dengan kandungan air yang sangat rendah (Soccol *et al.*, 2017). Dibandingkan dengan fermentasi cair, keuntungan utama dari fermentasi *solid-state* adalah suplai oksigen yang cukup. Terdapat lebih sedikit limbah berupa air yang berasal dari hasil dalam fermentasi *solid-state*. Lingkungan berupa substrat berbentuk padat lebih mirip dengan habitat alami dari mikroorganisme. Produk bernilai tambah tinggi dapat dihasilkan dengan fermentasi *solid-state* menggunakan residu industri dan limbah pertanian berbiaya rendah sebagai substrat. Akibatnya, fermentasi *solid-state* adalah teknologi yang paling menjanjikan yang secara komprehensif dapat memanfaatkan sumber daya terbarukan (Chen, 2013).

Fermentasi tongkol jagung menjadi pakan ternak termasuk ke dalam fermentasi *solid-state*. Hal ini dikarenakan fermentasi *solid-state* merupakan proses fermentasi dengan mikroorganisme yang tumbuh di lingkungan tanpa air atau kandungan air yang rendah pada substrat padat yang kemudian mengubah bahan kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana (Parmar *et al.*, 2019).

Fermentasi *solid-state* adalah proses bertahap yang melibatkan langkah-langkah berikut (Sadh *et al.*, 2018):

1. Pemilihan substrat.
2. Perlakuan awal (*pre-treatment*) substrat, baik dengan proses mekanis, kimia atau biokimia untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi terikat dan juga untuk memperkecil ukuran komponen, misalnya, penghancuran jerami dan penghancuran bahan nabati untuk mengoptimalkan aspek fisik saat proses fermentasi. Namun, biaya pra-perawatan harus seimbang dengan nilai produk yang dihasilkan.
3. Hidrolisis substrat terutama polimer, misalnya, polisakarida dan protein.
4. Proses fermentasi untuk memanfaatkan produk hidrolisis.
5. Pemrosesan akhir untuk pemurnian dan kuantifikasi produk akhir.

Faktor yang memengaruhi produksi enzim selulase oleh mikroorganisme dalam fermentasi *solid-state* yaitu (Ray and Behera, 2017):

1. Kadar Air

Kadar air merupakan hal penting yang memengaruhi pertumbuhan dan biosintesis selulase. Kelembaban yang dibutuhkan dalam pertumbuhan mikroorganisme lebih mengacu pada aktivitas air dibandingkan kadar air dalam substrat padat. Selain itu, aktivitas air memengaruhi perkembangan biomassa, reaksi metabolisme dan proses perpindahan massa.

2. Suhu

Suhu secara langsung mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan produksi selulase dalam fermentasi *solid-state*. Selain itu, rentang suhu yang ditoleransi dapat bervariasi tergantung pada jenis mikroorganisme, porositas, diameter partikel, dan kedalaman substrat. Pada umumnya, kisaran suhu 25-30°C merupakan suhu optimal bagi sebagian besar organisme mesofil pada fermentasi *solid-state*.

3. Proses Perpindahan Massa (Aerasi dan Difusi Nutrisi)

Pada fermentasi *solid-state*, proses perpindahan massa yang terkait dengan gas dan difusi nutrisi sangat dipengaruhi oleh struktur fisik matriks dan cairan dalam fermentasi. Aerasi pada dasarnya memiliki dua fungsi: (1) suplai oksigen untuk metabolisme aerobik dan (2) penghilangan CO₂, panas, uap air, dan komponen volatil yang dihasilkan selama metabolisme. Difusi nutrisi mengacu pada transfer massa nutrisi dan enzim, yang mencakup baik difusi nutrisi intrapartikel menuju sel dan hidrolisis substrat padat oleh enzim mikroba.

4. Ukuran Partikel Substrat

Penggunaan partikel substrat yang terlalu kecil dapat mengakibatkan akumulasi substrat, yang dapat mengganggu respirasi/aerasi mikroba, dan oleh karena itu, menghasilkan pertumbuhan yang lambat. Sebaliknya, partikel yang lebih besar memberikan efisiensi respirasi/aerasi yang lebih baik (karena peningkatan ruang antar partikel).

5. Faktor Lainnya

Faktor-faktor seperti pH kultur, ukuran inokulasi dan efek stimulasi surfaktan dapat berpengaruh terhadap produksi enzim oleh mikroorganisme di

fermentasi *solid-state*. pH suatu kultur dapat berubah sebagai respons terhadap aktivitas metabolisme mikroba, dapat disebabkan oleh sekresi asam organik yang akan menyebabkan pH menurun.. Ukuran optimum inokulan (spora hidup) dari mikroorganisme yang dibudidayakan pada substrat sangat penting untuk produksi selulase. Selain itu, berbagai jenis surfaktan seperti Tween 20, Tween 60, Tween 80, Triton X-100, polythelene glycol, sodium lauryl sulfate, sodium taurocholate, dan lain-lain, dapat digunakan untuk produksi selulase.

II.4 Analisis Protein Kasar

Protein merupakan komponen yang ditemukan dalam jumlah melimpah di semua sel, dan hampir semua kecuali protein penyimpanan penting untuk fungsi biologis dan struktur sel. Protein dalam makanan memiliki struktur yang rumit. Protein memiliki massa molekul yang bervariasi, mulai dari sekitar 5,000 hingga lebih dari satu juta Dalton. Protein terdiri dari unsur-unsur termasuk hidrogen, karbon, nitrogen, oksigen, dan belerang. Dua puluh asam amino adalah blok bangunan protein; residu asam amino dalam protein dihubungkan oleh ikatan peptida. Nitrogen adalah unsur pembeda yang terdapat dalam protein. Namun, kandungan nitrogen dalam berbagai protein makanan berkisar antara 13.4 hingga 19.1% karena disebabkan oleh variasi dalam komposisi asam amino spesifik. Umumnya, protein yang kaya akan asam amino basa mengandung lebih banyak nitrogen (Chang and Zhang, 2017).

Tilman dkk (2015) dalam Jamaluddin dkk (2013), menyatakan bahwa protein kasar merupakan komponen yang mengandung senyawa berupa protein murni dan senyawa non-protein nitrogen (NPN). Protein terdiri dari nitrogen yang saling terikat dalam ikatan-ikatan peptida sehingga membentuk protein,

sedangkan senyawa NPN adalah senyawa yang berasal dari senyawa bukan protein. Protein merupakan senyawa organik kompleks yang mempunyai berat molekul tinggi, seperti halnya karbohidrat dan lipid. Protein berperan penting dalam kehidupan, yakni dalam pertumbuhan jaringan baru, perbaikan terhadap jaringan yang rusak, berperan dalam metabolisme untuk menghasilkan energi (Jamaluddin dkk., 2018).

Kadar protein dapat diperoleh dengan menggunakan metode Kjeldahl, dimana metode ini merupakan metode yang digunakan secara luas dan merupakan metode standar untuk penetapan kadar protein. Metode Kjeldahl merupakan metode untuk menetapkan kadar protein kasar yang mengandung senyawa N bukan protein seperti urea, asam nukleat, purin, pirimidin dan sebagainya. Prinsip kerja metode Kjeldahl adalah mengubah senyawa organik menjadi anorganik. Kelebihan dari metode ini yaitu sifatnya universal, keakuratan tinggi dan reproduktibilitas tinggi. Namun, metode ini memiliki kekurangan yaitu purin, pirimidin, vitamin-vitamin, asam amino besar, dan kreatin juga teranalisis dan terhitung sebagai nitrogen. Walaupun demikian, metode ini masih dimanfaatkan dan dianggap cukup teliti dalam menentukan kadar protein kasar pada pakan (Rosaini dkk., 2015).

Kadar protein yang rendah dalam pakan dapat ditingkatkan dengan fermentasi. Selama proses fermentasi, terjadi proses penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan memanfaatkan mikroorganisme. Proses fermentasi dapat meningkatkan jumlah zat-zat makanan seperti protein dan energi metabolis serta mampu mengurai senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana. Selain itu, fermentasi juga dapat meningkatkan nilai gizi bahan berkualitas rendah serta berperan dalam meningkatkan keawetan bahan pakan dan

merupakan suatu tindakan untuk menghilangkan zat anti nutrisi atau toksin yang terkandung dalam suatu pakan (Mustabi dkk., 2019). Selain itu, kadar protein kasar yang tinggi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, contohnya adalah varian bahan pakan yang digunakan (Fitriani dan Asyari, 2017).

II.5 Analisis Serat Kasar

Serat adalah kelompok senyawa yang kompleks dan beragam yang diklasifikasikan bersama berdasarkan ketidakcernaan umum oleh enzim saluran pencernaan mamalia. Banyak di antaranya adalah karbohidrat kompleks seperti selulosa dan hemiselulosa yang tersusun dari molekul gula bergabung dengan β -linkage. Lignin, fitat, dan lilin tidak terdiri dari gula tetapi sama-sama tidak dapat dicerna dan juga dianggap serat. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin dianggap sebagai IDF (serat makanan tidak larut), sedangkan pektin, getah tanaman, dan oligosakarida (inulin chicory atau murni, fructooligosaccharide, galactooligosaccharide, dan mannan-oligosaccharide) dianggap SDF (serat makanan larut) (Farcas *et al.*, 2013).

Serat kasar adalah residu yang tidak larut dari hidrolisis asam diikuti oleh basa. Residu ini mengandung selulosa sejati dan lignin yang tidak dapat larut. Sebagian besar produk sampingan memiliki dinding sel yang dapat dicerna dengan cepat dan hanya sedikit residu yang tidak dapat dicerna, sehingga komponen tersebut cocok dengan diet sapi perah. Namun, koefisien variasi produk sampingan berupa serat kasar tercatat antara 1%-14% (Uyeh *et al.*, 2019).

Serat kasar merupakan seluruh zat organik yang tidak larut dalam H_2SO_4 0.3 N dan dalam NaOH 1.5 N yang secara berurutan dimasak selama 30 menit. Pada dasarnya, metode pengukuran kandungan serat kasar memiliki konsep yang sederhana. Tahapan pertama dalam pengukuran kandungan serat kasar adalah semua bahan yang dapat larut dalam asam dihilangkan dengan pendidihan

dalam asam sulfat. Bahan yang larut dalam alkali dihilangkan dengan pendidihan dalam larutan sodium alkali. Residu yang berasal dari komponen yang tidak larut ini yang kemudian disebut sebagai serat kasar (Jamaluddin dkk., 2018).

Fitriani dan Asyari (2017) menyatakan bahwa serat kasar tidak dapat dicerna secara keseluruhan oleh ruminansia, hanya berkisar 20-70% dari serat yang dikonsumsi ditemukan dalam feses. Kandungan serat kasar yang tinggi dalam pakan komplit akan mengurangi tingkat daya cerna dalam bahan pakan, karena serat kasar memiliki komponen yang sulit untuk dicerna. Kandungan serat kasar bagi ternak sapi minimal 13% dari bahan kering dalam ransum (Pasaribu dan Praptiwi, 2014).

Serat kasar pada pakan dapat diturunkan melalui proses fermentasi. Hal ini dikarenakan terjadinya pemecahan serat kasar akibat aktivitas mikroorganisme selama fermentasi. Aktivitas mikroorganisme ini disebabkan karena tersedianya nutrisi dalam serat kasar seperti selulosa, hemiselulosa, polisakarida, dan lignin. Selama proses fermentasi, ikatan lignoselulosa pada lignin akan dirombak oleh mikroorganisme. Lignin adalah suatu kombinasi beberapa senyawa yakni karbon, hidrogen dan oksigen yang saling terikat satu sama lain. Mikroorganisme memanfaatkan sumber karbon yang terkandung di dalamnya selama proses fermentasi berlangsung. Mikroorganisme menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat memecah ikatan lignoselulosa seperti selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada serat kasar menjadi glukosa sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Suningsih dkk., 2019).

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

Teknologi dengan menggunakan Mikroorganisme Efektif (EM) telah dikembangkan selama tahun 1970-an di Universitas Ryukyus, Okinawa, Jepang. Studi telah menunjukkan bahwa EM mungkin memiliki sejumlah peran dalam

berbagai bidang, termasuk pertanian, peternakan, berkebun dan lansekap, pengomposan, bioremediasi, membersihkan *septic tank*, pengendalian alga dan penggunaan dalam rumah tangga. Selain itu, EM juga dapat dijadikan semprotan organik untuk meningkatkan proses fotosintesis, serta sebagai bentuk pengendalian hama, serangga dan penyakit (Namsivayam *et al.*, 2011).

Aplikasi praktis dikembangkan oleh Profesor Teuro Higa. Dia telah berhasil mengisolasi dan memilih mikroba yang berbeda namun dapat hidup berdampingan dalam kultur campuran dan memberi efek menguntungkan pada tanah dan tanaman. Inokulan mikroba yang mengandung berbagai jenis mikroba menguntungkan, serta terjadi secara alami disebut 'Mikroorganisme Efektif', telah digunakan secara luas di alam dan pertanian organik (Namsivayam *et al.*, 2011).

EM-4 adalah suatu larutan yang mengandung berbagai mikroba dalam kultur campuran yang bermanfaat bagi tanaman dan berfungsi sebagai bio-inokulan. Setiap spesies mikroba bekerja secara sinergis dengan fungsinya masing-masing. Mikroorganisme utama dalam larutan EM-4 terdiri dari bakteri fotosintetik (bakteri fototropik), bakteri asam laktat, *yeast*, *Actinomyces* dan jamur fermentasi. Proses fermentasi dengan pemberian EM-4 berperan untuk meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme yang terdapat pada substrat sehingga dapat bekerja secara maksimal dalam memecah sel-sel yang belum terpecah dan meningkatkan kandungan protein kasar akibat terjadi aktivitas mikroorganisme pada substrat (Fajarudin dkk., 2013).

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cawan petri, erlenmeyer, tabung reaksi, spoit, jarum ose, gelas ukur, timbangan digital, *hot plate*, inkubator, autoklaf, spektrofotometer, spatula, bunsen, korek api, enkas, lemari pendingin, pH meter, *hand sprayer*, mesin pencacah dan seperangkat alat untuk analisis protein kasar dan serat kasar.

III.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat bakteri selulolitik dari usus rayap, tongkol jagung, media *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC), NaNO_3 , K_2PHO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NaCl fisiologis, EM-4, akuades, spirtus, alkohol, kapas, tisu, kantong plastik, ember plastik, plastik *wrap*, label dan bahan-bahan yang digunakan dalam analisis protein kasar dan serat kasar.

III.3 Cara Kerja

III.3.1 Sterilisasi Alat dan Pembuatan Media

a. Sterilisasi alat

Alat-alat gelas terlebih dahulu disterilisasi dengan panas kering (udara kering) menggunakan oven pada temperatur 180°C selama 2 jam. Alat non gelas disterilisasi dengan menggunakan autoklaf, dicuci dengan alkohol, atau dengan panas membara menggunakan api bunsen.

b. Pembuatan media

Komposisi media tersusun atas CMC 10 g, NaNO₃ 2 g, K₂PHO₄ 0,5 g, MgSO₄.7H₂O 0,02 g, MnSO₄.7H₂O 0,02 g, FeSO₄.7H₂O 0,02 g, CaCl₂.2H₂O 5 g, *yeast extract* 1 g. Seluruh bahan ditimbang kemudian dilarutkan ke dalam akuades sebanyak 1 liter. Media dilarutkan dengan dipanaskan di atas *hot plate*, kemudian disterilkan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C.

III.3.2 Persiapan Inokulum Bakteri

Isolat bakteri selulolitik RPe 5 dan RPe 11 yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Universitas Hasanuddin. Peremajaan bakteri dilakukan dengan menginokulasikan isolat RPe 5 dan RPe 11 pada media CMC *Broth*, kemudian diinkubasi selama 2x24 jam pada suhu 37°C. Berikutnya, diambil biomassa sel kemudian disuspensikan dengan larutan NaCl fisiologis. Selanjutnya, dilakukan pengukuran nilai absorbansi suspensi bakteri dengan menggunakan spektrofotometer. Inokulum yang ditambahkan pada tongkol jagung adalah inokulum dengan transmittan sebesar 25%.

III.3.3 Persiapan Sampel

a. Persiapan Sampel Tongkol Jagung

Tongkol jagung yang telah dibersihkan dicacah menggunakan *chopper* dengan ukuran kurang lebih satu sentimeter. Selanjutnya, disemprot air hingga merata hingga kelembaban mencapai 60% sesuai dengan jumlah kadar air yang telah dihitung. Setelah disemprot, tongkol jagung ditimbang sebanyak 500 g kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik pada suhu 121°C selama 15 menit.

b. Fermentasi Tongkol Jagung

Setelah tongkol jagung dingin, diinokulasi dengan perlakuan berikut:

- R0 : Tongkol jagung tanpa penambahan inokulum (kontrol negatif)
- R1 : Tongkol jagung + isolat RPe 5 sebanyak 10%
- R2 : Tongkol jagung + isolat RPe 11 sebanyak 10%
- R3 : Tongkol jagung + isolat RPe 5 + RPe 11 sebanyak masing-masing 5%
- R4 : Tongkol jagung + EM-4

Kantong plastik diikat menggunakan tali, selanjutnya difermentasi selama 21 hari. Dilakukan perhitungan jumlah bakteri dengan metode *Standard Plate Count* (SPC), pengamatan fisik berupa wangi, warna, tekstur dan pengukuran pH setiap interval waktu 7 hari. Setelah fermentasi, dilakukan analisis protein kasar dan analisis serat kasar pada sampel tongkol jagung.

III.3.4 Parameter Pengamatan

a. Pewarnaan Gram

Disiapkan kultur murni yang akan digunakan, kemudian diambil satu ose dan dioles di atas kaca preparat. Difiksasi menggunakan api bunsen. Selanjutnya, preparat ditetesi pewarna kristal violet dan didiamkan selama 1 menit. Dibilas dengan akuades. Preparat ditetesi dengan pewarna iodin dan didiamkan selama 1 menit. Dibilas dengan akuades. Preparat dibilas dengan alkohol selama 30 detik. Berikutnya preparat ditetesi pewarna safranin dan didiamkan selama 30 detik. Preparat dibilas dengan akuades dan dikeringkan. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 1000x.

b. Pengamatan Fisik Hasil Fermentasi

Pengamatan fisik dilakukan pada tongkol jagung selama masa fermentasi dengan waktu pengamatan yaitu 7, 14 dan 21 hari. Karakteristik pakan yang diamati yaitu warna, tekstur, aroma dan pH.

Tabel 1. Nilai Ukur Kualitas Silase

Indikator	Bobot	Penjelasan	Nilai
Wangi	25	✓ Seperti buah-buahan dan sedikit asam	25
		✓ Bau asam wangi	20
		✓ Tidak ada bau	10
		✓ Bau tidak sedap	0
Warna	25	✓ Hijau kekuning-kuningan	25
		✓ Coklat agak kehitaman	10
		✓ Hitam mendekati warna kompos	0
Tekstur	25	✓ Kering tetapi kalau dipegang terasa lembut dan lunak	25
		✓ Kandungan airnya terasa banyak	20
		✓ Terasa basah sedikit becek	0

Sumber: Direktorat Pakan Ternak (2012)

c. Perhitungan Total Bakteri

Perhitungan jumlah bakteri dilakukan dengan menggunakan metode SPC. Sampel padatan diambil dan dihancurkan, kemudian dilarutkan menggunakan air. Selanjutnya, 1 mL sampel yang akan diuji dipindahkan dengan pipet steril ke dalam larutan 9 mL akuades untuk mendapatkan pengenceran 10^{-2} , 10^{-3} hingga 10^{-6} . Berikutnya, 1 mL suspensi (media kultur) dari setiap pengenceran 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} diinokulasikan pada cawan petri kosong. Dituang media agar yang masih cair kemudian dicampur media dengan sampel dengan memutar cawan petri secara merata. Sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 2×24 jam. Selanjutnya, dihitung hasil pertumbuhan koloni pada media agar.

d. Kandungan Nutrisi Tongkol Jagung Hasil Fermentasi

Analisis kandungan nutrisi tongkol jagung dilakukan setelah sampel diinkubasi selama 21 hari. Kandungan nutrisi yang dianalisis meliputi kandungan protein kasar dan serat kasar pada tongkol jagung hasil fermentasi.

- Analisis Protein Kasar

Metode Kjeldahl menurut *Association of Official Agricultural Chemists*

(AOAC, 2005) terdiri dari tiga tahap yaitu destruksi, destilasi dan titrasi. Pertama, sebanyak 0.5 gram sampel dimasukkan ke dalam labu kjeldahl. Selanjutnya, ditambahkan dengan 1 sendok teh takaran selenium mix dan ditambahkan dengan 25 mL H₂SO₄ pekat. Sampel dikocok hingga seluruh sampel terbasahi oleh H₂SO₄ kemudian didestruksi (dalam lemari asam) di atas alat pemanas hingga jernih. Setelah hasil destruksi didinginkan, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda garis (pengenceran b kali). Sebanyak 10 mL H₃BO₃ 2% dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan dengan indikator metil merah sebanyak 4 tetes. Sebanyak 10 mL larutan dipipet ke dalam labu bulat, kemudian masukkan dalam destilasi dan ditambahkan 10 mL NaOH 40% serta aquades sebanyak 10 mL. Alat destilasi dijalankan sampai larutan N mencapai 50 mL. Kemudian larutan dalam erlenmeyer dititrasi dengan larutan NaOH yang telah distandarisi dengan larutan H₂SO₄. Titik akhir titrasi ditandai dengan warna merah menjadi hijau. Volume H₂SO₄ yang digunakan untuk titrasi dicatat. Hasil pengamatan dapat dihitung dengan rumus :

Kadar Protein Kasar = kadar nitrogen × faktor konversi (6.25)

- Analisis Serat Kasar

Penentuan kadar serat kasar dengan tahapan (AOAC, 2005). Sebanyak kurang lebih 0.5 gram sampel ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 500 mL. Lalu 50 mL H₂SO₄ 0.3 N ditambahkan, selanjutnya dididihkan selama 30 menit. Setelah itu, ditambahkan 25 mL NaOH 1.5 N kemudian dididihkan selama 30 menit. Penyaringan dilakukan dengan menggunakan sintered glass dan pompa vakum. Sampel yang disaring dicuci dengan menggunakan 50 mL akuades panas, 25 mL H₂SO₄ 0.3 N, 50 mL akuades panas dan 10 mL alkohol 95%. Sampel dimasukkan dalam oven pada suhu 150° selama 12 jam kemudian didinginkan

dalam desikator. Sampel yang telah didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Sampel yang telah ditimbang dimasukkan dalam tanur selama 3 jam (serat kasar merupakan kehilangan berat sesudah pengabuan).

III.3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan sidik ragam sesuai Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Data diolah dengan bantuan *software* SPSS versi 25. Persamaan matematika dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Hasil pengamatan dari peubah perlakuan ke-i dengan ulangan ke- j

M = Nilai tengah umum

t_i = Pengaruh perlakuan ke-i (1, 2, 3, 4, 5)

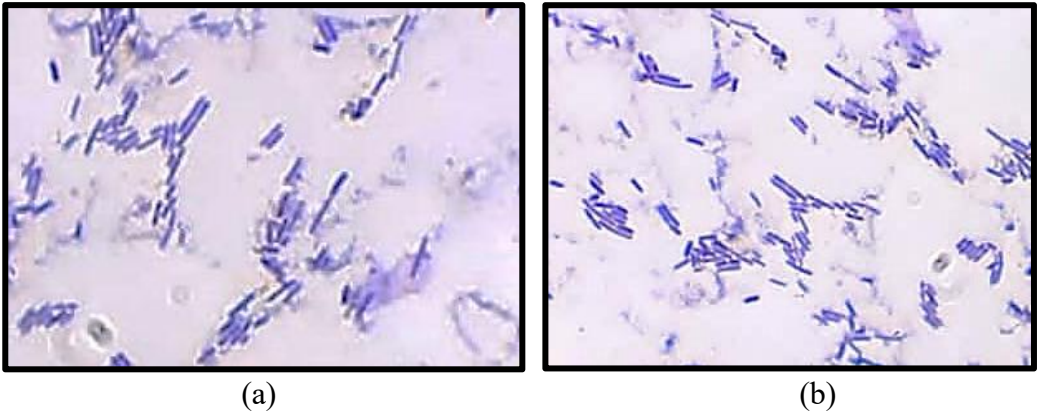
e_{ij} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke- j (1, 2, 3)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pewarnaan Gram Isolat RpE 5 dan RpE 11

Fermentasi tongkol jagung yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan isolat bakteri selulolitik RpE 5 dan RpE 11 yang berasal dari saluran pencernaan rayap kasta pekerja *Cryptotermes cynocephalus* Light. Isolat ini diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penelitian Irsyah (2021) menyatakan bahwa diperoleh 12 isolat bakteri yang telah diisolasi dari saluran pencernaan rayap kasta pekerja *Cryptotermes cynocephalus* Light. dan didapatkan dua isolat dengan nilai kapasitas degradasi selulosa tertinggi yaitu isolat RpE 5 90.10% dan RpE 11 64.46%.

Isolat bakteri tersebut kemudian diremajakan pada media CMC Broth dan diinkubasi selama 2x24 jam. Selanjutnya, diinokulasikan pada media CMC Agar dengan menggunakan metode tuang. Koloni yang terbentuk kemudian dilakukan pengamatan morfologi sel dengan metode pewarnaan gram (*gram staining*).



Gambar 4. Hasil Pewarnaan Gram Isolat Bakteri (a) RpE 5 dan (b) RpE 11 dengan menggunakan mikroskop perbesaran 1000x

Berdasarkan hasil pengamatan yang dapat dilihat pada Gambar 4, diperoleh hasil yaitu RpE 5 dan RpE 11 bersifat gram positif dan berbentuk basil (batang). Bakteri gram positif mempertahankan warna ungu karena memiliki kandungan lipid yang tinggi sehingga apabila dicuci dengan alkohol, dinding sel bakteri lebih mudah terhidrasi. Dinding sel yang terhidrasi menyebabkan ukuran pori sel menjadi kecil dan permeabilitasnya menurun sehingga warna ungu dari kristal violet tidak dapat keluar dari sel dan sel akan tetap berwarna ungu (Sari dkk., 2018). Hasil yang didapatkan ini sejalan dengan Irsyah (2021) yang menyatakan bahwa isolat RpE 5 dan RpE 11 yang diisolasi dari saluran pencernaan rayap kasta pekerja *Cryptotermes cynocephalus* Light. merupakan bakteri gram positif dan berbentuk batang (basil).

IV.2 Pengamatan Fisik Tongkol Jagung Hasil Fermentasi

Kualitas pakan ternak dapat diamati secara fisik (organoleptik), yaitu dengan mengamati wangi, warna dan tekstur. Dalam penelitian ini dilakukan penilaian kualitas pakan dengan melakukan pengamatan langsung serta pemberian skor sesuai Tabel 1.

Wangi, warna, tekstur dan pH dapat dijadikan indikator dalam menentukan keberhasilan proses fermentasi serta menentukan kualitas fisik hasil fermentasi. Pakan fermentasi yang baik memiliki wangi khas agak asam, warna yang menyerupai warna asalnya, tekstur yang padat dan memiliki kadar air rendah, serta pH rendah yang berada di kisaran 4.2-4.5. Apabila karakteristik pakan menyimpang dari beberapa parameter tersebut maka silase tersebut digolongkan sebagai silase berkualitas rendah.

Tabel 2. Nilai Pengamatan Fisik Tongkol Jagung Hasil Fermentasi

Perlakuan	Parameter	Waktu Inkubasi		
		7	14	21
R0	Wangi	10	10	10
	Warna	0	0	0
	Tekstur	20	20	20
		30	30	30
R1	Wangi	13.3	21.6	21.6
	Warna	10	10	10
	Tekstur	25	25	25
		48.3	56.6	56.6
R2	Wangi	13.3	20	21.6
	Warna	10	10	10
	Tekstur	25	25	25
		48.3	55	56.6
R3	Wangi	21.6	21.6	23.3
	Warna	10	10	10
	Tekstur	25	25	25
		56.6	56.6	58.3
R4	Wangi	21.6	23.3	25
	Warna	10	10	10
	Tekstur	25	25	25
		56.6	58.3	60

Keterangan : R0 = tongkol jagung tanpa penambahan inokulum (kontrol negatif); R1 = tongkol jagung + isolat RpE 5; R2 = tongkol jagung + isolat RpE 11; R3 = isolat RpE 5 dan RpE 11; R4 = tongkol jagung + EM4 (kontrol positif).

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kondisi fisik tongkol jagung pada saat fermentasi, diperoleh hasil yaitu nilai parameter wangi pada setiap perlakuan cenderung meningkat dari waktu inkubasi 7 hari hingga 21 hari, sedangkan nilai parameter warna dan tekstur tetap konstan pada tiap interval waktu pengamatan. Setelah inkubasi selama 21 hari, diperoleh nilai tertinggi pada R4 (kontrol positif) dengan total nilai yaitu 60. Selanjutnya, perlakuan R3 yang diinkubasi selama 21 hari juga memiliki nilai tinggi dengan total nilai yaitu 58.3. Sedangkan nilai terendah didapatkan pada perlakuan R0 (kontrol negatif) dengan total nilai yaitu 30.

Perlakuan R4 (kontrol positif) yang diinkubasi selama 21 hari memperoleh skor 25 untuk parameter wangi, skor 10 untuk parameter warna dan skor 25 untuk parameter tekstur. Hasil fermentasi tongkol jagung dengan penambahan EM4 ini menghasilkan wangi sedikit asam dan menyerupai buah-buahan, berwarna coklat kehitaman dan memiliki tekstur yang kering namun apabila dipegang terasa lembut.

Perlakuan R3 (penambahan bakteri RpE 5 dan RpE 11) yang diinkubasi selama 21 hari memperoleh skor 23.3 untuk parameter wangi, skor 10 untuk parameter warna dan skor 25 untuk parameter tekstur. Hasil fermentasi tongkol jagung pada perlakuan R3 ini menghasilkan bau asam wangi, warna coklat kehitaman dan memiliki tekstur kering namun apabila dipegang terasa lembut.

Wangi khas fermentasi dihasilkan oleh silase yang baik karena mengandung asam laktat, bukan bau menyengat akibat bercampur asam asetat. Wangi asam yang terbentuk dalam proses fermentasi disebabkan oleh kandungan asam laktat yang berasal dari aktivitas bakteri pembentuk asam laktat yang mengubah karbohidrat mudah larut menjadi asam laktat (Aglaziyah dkk., 2020).

Perubahan warna pada silase dipengaruhi oleh suhu selama proses ensilase. Menurut Algaziyah dkk. (2020) bahwa silase yang memiliki suhu terlalu tinggi dapat menyebabkan meningkatnya kandungan panas dalam silase, sehingga warna yang dihasilkan yaitu coklat tembakau atau coklat kehitaman. Hal ini sejalan dengan Fitria dan Candrasari (2019) yang menyatakan bahwa bakteri dapat meningkatkan CO₂ selama proses penguraian bahan organik sehingga temperatur pemeraman meningkat. Reaksi ini disebut proses maillard atau *browning reaction* akibat panas yang berlebih.

Penelitian David dkk. (2021) menyatakan bahwa silase yang memiliki kualitas baik adalah yang bertekstur halus, tidak menggumpal, memiliki tekstur agak kering dan mendekati agak kering. Hal tersebut dipengaruhi oleh jumlah kadar air bahan pada awal fermentasi.

Penelitian serupa oleh Islamiyati dkk. (2014) yang melakukan fermentasi tongkol jagung selama 21 hari dengan menggunakan fungi selulolitik diperoleh hasil fermentasi tongkol jagung dengan karakteristik yaitu berwarna hijau tua yang diakibatkan adanya pertumbuhan fungi, wangi harum agak menyengat serta tekstur yang padat namun agak rapuh.

Tingkat keasaman (pH) merupakan salah satu indikator dalam menentukan kualitas silase. Silase berkualitas sangat baik memiliki pH antara 3.5-4.2, silase berkualitas baik memiliki pH antara 4.2-4.5, silase berkualitas sedang memiliki pH antara 4.5-4.8 dan silase berkualitas rendah memiliki pH lebih dari 4.8 (Berampu dkk., 2020). Kadar pH yang rendah dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang menyebabkan pembusukan.

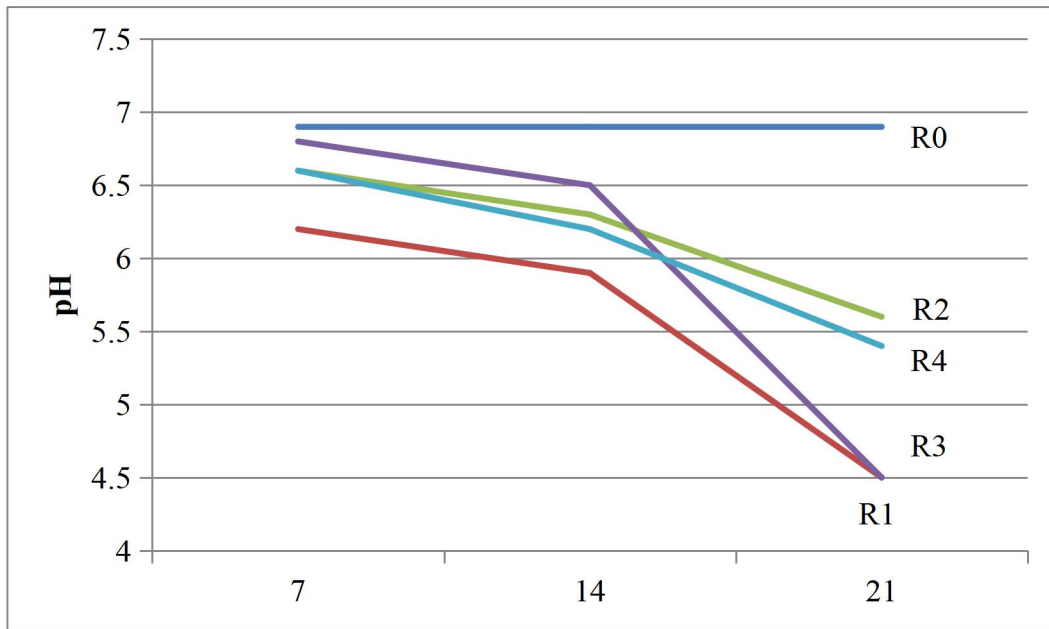
Tabel 3. Nilai Pengukuran pH Tongkol Jagung Fermentasi Hari Ke-7

Perlakuan	Waktu Inkubasi		
	7	14	21
R0	6.9 ^f	6.9 ^f	6.9 ^f
R1	6.2 ^{de}	5.9 ^{cd}	4.5 ^a
R2	6.6 ^{ef}	6.3 ^{de}	5.6 ^{bc}
R3	6.8 ^f	6.5 ^{ef}	4.5 ^a
R4	6.6 ^{ef}	6.2 ^{de}	5.4 ^b

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan pengaruh yang nyata ($P < 0.05$). R0 = tanpa penambahan isolat; R1 = tongkol jagung + isolat RpE 5; R2 = tongkol jagung + isolat RpE 11; R3 = tongkol jagung + isolat RpE 5 dan RpE 11; R4 = tongkol jagung + EM4 (kontrol positif)

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi tongkol jagung menggunakan bakteri selulolitik asal saluran pencernaan rayap berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap nilai pH. Hasil uji Duncan menunjukkan

bahwa perlakuan R1 dan R3 yang difermentasi selama 21 hari berbeda dengan perlakuan R0, R2 dan R4, yaitu memiliki nilai pH lebih rendah dibanding perlakuan lainnya (Lampiran 9).



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai pH Tongkol Jagung pada Tiap Interval Waktu Inkubasi (7, 14, dan 21 hari). R0 = tongkol jagung tanpa penambahan inokulum (kontrol negatif); R1 = tongkol jagung + isolat RpE 5; R2 = tongkol jagung + isolat RpE 11; R3 = tongkol jagung + isolat RpE 5 dan RpE 11; R4 = tongkol jagung + EM4 (kontrol positif).

Berdasarkan hasil pengamatan pH tongkol jagung pada Gambar 5 diketahui bahwa terjadi penurunan pH pada perlakuan R1, R2, R3 dan R4 dari minggu ke minggu selama masa inkubasi. Dapat dilihat dari Gambar 5 bahwa terjadi penurunan pH tongkol jagung pada R1, R2, R3 dan R4 dari inkubasi hari ke-7, 14 dan 21, sedangkan R0 (kontrol negatif) tidak mengalami perubahan pH. Diperoleh hasil terbaik yaitu pada perlakuan R1 dan R3 dengan nilai pH yaitu 4.5.

Tingkat keasaman (pH) silase yang rendah menunjukkan proses fermentasi dan pengawetan yang lebih baik, lebih stabil dan tinggi kandungan asam laktat (David dkk., 2021). Selain itu, suasana asam dapat menghindarkan pembusukan oleh mikroba pembusuk (Hasbi, 2019). Berdasarkan hasil yang

diperoleh, perlakuan penambahan RpE 5 (R1) dan penambahan gabungan RpE 5 dan RpE 11 (R3) memiliki nilai pH 4.5 pada inkubasi hari ke-21. Hal ini menandakan bahwa hasil fermentasi tersebut berkualitas baik karena memiliki pH antara 4.2-4.5 (Berampu dkk., 2020).

Menurut Berampu dkk. (2020), rendahnya pH silase diakibatkan oleh aktivitas bakteri asam laktat yang memecah substrat karbohidrat menjadi asam laktat. Bakteri asam laktat memiliki kemampuan untuk mengubah gula menjadi asam laktat disertai terjadinya penurunan pH dan menghambat aktivitas patogen lain.

IV.3 Hasil Perhitungan Total Bakteri

Perhitungan total bakteri dilakukan setiap interval 7 hari yakni inkubasi hari ke-7, 14 dan 21, perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode *Standard Plate Count* (SPC) yakni dengan menumbuhkan bakteri yang telah diencerkan secara bertingkat kemudian dihitung jumlah koloni yang terbentuk.

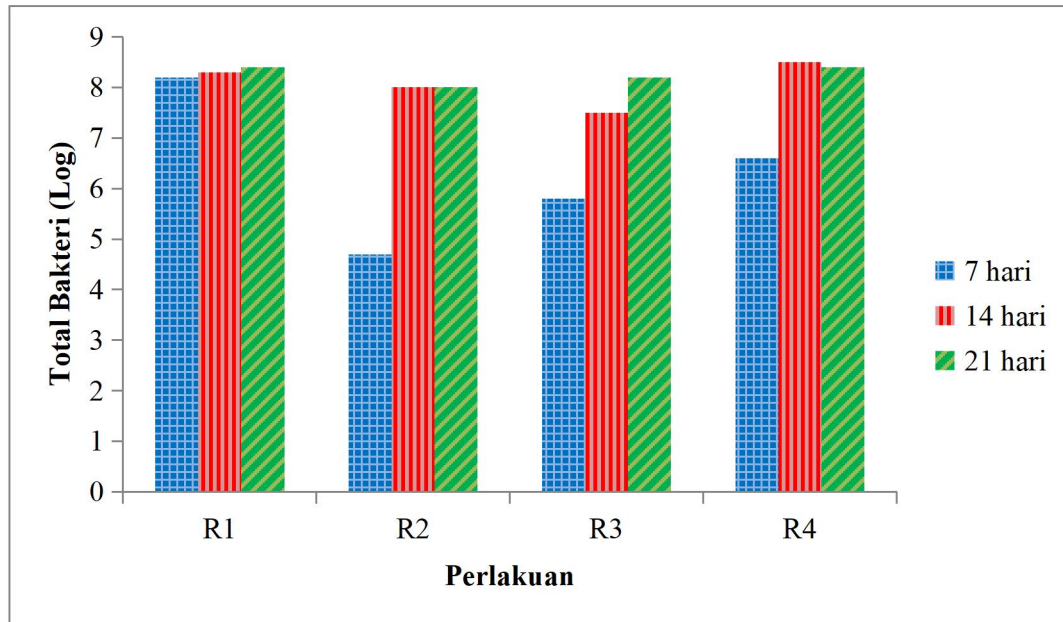
Tabel 4. Hasil Perhitungan Total Bakteri

Perlakuan	Waktu Inkubasi		
	7	14	21
R0	0 ^a	0 ^a	0 ^a
R1	1.9x10 ⁸ CFU ^{abcd}	2.0x10 ⁸ CFU ^{bcd}	2.5x10 ⁸ CFU ^{cde}
R2	5.3x10 ⁴ CFU ^a	1.0x10 ⁸ CFU ^{abc}	1.2x10 ⁸ CFU ^{abc}
R3	6.4x10 ⁵ CFU ^a	3.4x10 ⁷ CFU ^a	1.8x10 ⁸ CFU ^{ab}
R4	4.7x10 ⁶ CFU ^a	3.7x10 ⁸ CFU ^c	2.7x10 ⁸ CFU ^{de}

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan pengaruh yang nyata ($P < 0.05$). R0 = tanpa penambahan isolat; R1 = tongkol jagung + isolat RpE 5; R2 = tongkol jagung + isolat RpE 11; R3 = tongkol jagung + isolat RpE 5 dan RpE 11; R4 = tongkol jagung + EM4 (kontrol positif)

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi tongkol jagung menggunakan bakteri selulolitik asal saluran pencernaan rayap berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap total bakteri. Hasil uji Duncan (Lampiran 10)

menunjukkan bahwa perlakuan R4 yang diinkubasi selama 14 hari berbeda dibandingkan perlakuan lainnya yakni memiliki jumlah bakteri yang paling tinggi di antara semua perlakuan.



Gambar 6. Histogram Perhitungan Total Bakteri. R1 = tongkol jagung + isolat RpE 5; R2 = tongkol jagung + isolat RpE 11; R3 = tongkol jagung + isolat RpE 5 dan RpE 11; R4 = tongkol jagung + EM4 (kontrol positif)

Berdasarkan hasil pengamatan yang dapat dilihat pada Gambar 6, pada perlakuan R1, R2, dan R3 terjadi peningkatan jumlah bakteri seiring dengan meningkatnya waktu inkubasi. Sedangkan perlakuan R4 terjadi peningkatan jumlah bakteri dari waktu inkubasi hari ke-7 hingga hari ke-14, namun mengalami penurunan jumlah bakteri pada waktu inkubasi hari ke-21. Hasil perhitungan total bakteri tertinggi diperoleh pada perlakuan R4 (kontrol positif) yang diinkubasi selama 14 hari dan hasil terendah diperoleh pada perlakuan R0 (kontrol negatif) yaitu tidak ditemukan bakteri pada tiap interval waktu pengamatan.

Peningkatan jumlah bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor biologi dan non biologi. Faktor biologi seperti bentuk dan sifat mikroorganisme terhadap lingkungan tempat tumbuhnya, hubungan kehidupan

antar organisme yang bersangkutan, sedangkan faktor non biologi meliputi media pertumbuhan, pH dan suhu (Nurhajati dkk., 2016). Bakteri menggunakan substrat untuk pertumbuhan biomassa, pembentukan asam organik sebagai produk dan pemeliharaan sel (Nurlaela dkk., 2016).

Perlakuan R3 merupakan konsorsium antara isolat bakteri selulolitik RpE 5 dan RpE 11. Konsorsium adalah gabungan populasi mikroba membentuk komunitas serta memiliki hubungan yang kooperatif, komensal dan mutualistik (Asri dan Zulaika, 2016). Terjadinya pertumbuhan kombinasi bakteri RpE 5 dan RpE 11 seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi dimungkinkan karena konsorsium tersebut memiliki tingkat viabilitas (daya hidup) yang tinggi sehingga mempengaruhi kemampuan dalam beradaptasi dan bersaing dalam memperebutkan nutrisi yang terkandung dalam substrat pertumbuhannya. Selain itu, kombinasi antar kedua isolat bakteri tidak merugikan, tetapi netral atau bahkan saling menguntungkan.

Hal ini sejalan dengan Waluyo (2004) yang menyatakan bahwa jika dalam suatu media terdapat berbagai macam mikroba, maka dapat terjadi interaksi atau saling mempengaruhi antar bakteri satu dengan yang lainnya. Berikutnya, Naughton dan Larry (1990) mengatakan bahwa interaksi yang positif antar populasi bakteri berarti mendorong terjadinya pertumbuhan antara satu ataupun kedua populasi tersebut, sebaliknya interaksi negatif dapat merugikan salah satu populasi, sedangkan netral berarti antar populasi tidak saling mempengaruhi.

Perlakuan R4 mengalami penurunan jumlah bakteri setelah inkubasi selama 21 hari, setelah sebelumnya pada inkubasi hari ke-14 memiliki jumlah bakteri yang sangat tinggi yakni 3.7×10^8 CFU. Hal ini diduga akibat jumlah bakteri yang terlalu banyak sehingga terjadi persaingan dalam memperoleh nutrisi

yang selanjutnya menyebabkan terjadinya fase kematian pada bakteri. Hal ini sejalan dengan pernyataan Aslamyiah dkk. (2018) bahwa jumlah inokulum yang terlalu banyak dapat mengakibatkan berlangsungnya persaingan nutrisi dan berdampak pada pertumbuhan mikroba yang melambat dan aktivitas mikroba menjadi terhambat.

IV.4 Kandungan Nutrisi Tongkol Jagung Hasil Fermentasi

Analisis kandungan protein kasar dan serat kasar dilakukan pada hasil akhir fermentasi tongkol jagung (inkubasi 21 hari). protein berperan dalam pertumbuhan jaringan baru, perbaikan terhadap jaringan yang rusak, serta berperan dalam metabolisme untuk menghasilkan energi (Jamaluddin dkk., 2018). Selain itu, protein pada pakan yang dikonsumsi oleh ternak berupa sapi perah akan dimanfaatkan dalam proses sintesis komponen susu, termasuk sintesis protein dan laktosa susu, sehingga semakin banyak laktosa yang disintesis maka semakin banyak pula produksi susu yang dihasilkan (Syafri dkk., 2014).

Tabel 5. Kandungan Nutrisi Tongkol Jagung Hasil Fermentasi

Nutrien	Perlakuan				
	R0	R1	R2	R3	R4
Protein Kasar (%)	3.01 ^{ab}	3.3 ^{bc}	2.77 ^a	3.72 ^c	3.6 ^c
Serat Kasar (%)	35.64	32.52	33.88	33.56	34.12

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang nyata ($P < 0.05$). R0 = tanpa penambahan isolat; R1 = tongkol jagung + isolat RpE 5; R2 = tongkol jagung + isolat RpE 11; R3 = tongkol jagung + isolat RpE 5 dan RpE 11; R4 = tongkol jagung + EM4 (kontrol positif)

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa fermentasi tongkol jagung dengan lama inkubasi 21 hari berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap kandungan protein kasar. Perlakuan R3 (gabungan RpE 5 dan RpE 11) memiliki nilai kandungan protein kasar tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Berdasarkan hasil yang didapatkan seperti yang tertera pada Tabel 5, diperoleh hasil yaitu kandungan protein kasar pada R0 sebesar 3.01%, R1 3.3%, R2 2.77%, R3 3.72% dan R4 3.6%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perubahan kandungan protein kasar tongkol jagung pada proses fermentasi dengan penambahan bakteri selulolitik.

Pada perlakuan R1, R3 dan R4 terjadi peningkatan kandungan protein kasar jika dibandingkan dengan R0 (kontrol negatif). Peningkatan kandungan protein kasar tertinggi terjadi pada perlakuan R3 (konsorsium RpE 5 dan RpE 11). Dalam proses fermentasi, bakteri berperan dalam mendegradasi substrat. Peningkatan kandungan protein kasar disebabkan oleh adanya pertumbuhan bakteri dimana bakteri merupakan protein sel tunggal (Arwinsyah and Yunilas, 2018). Hal ini sejalan dengan pernyataan Farliansyah dkk. (2020) bahwa peningkatan kandungan protein kasar dalam proses fermentasi diakibatkan oleh aktivitas bakteri selulolitik mengalami peningkatan dalam mengikat nitrogen sebagai bahan utama dalam sintesis protein. Peningkatan kadar nitrogen ini sangat membantu bakteri selulolitik dalam melangsungkan pertumbuhan dan melakukan aktivitas secara optimal sehingga menyebabkan kadar protein meningkat karena bakteri selulolitik merupakan protein sel tunggal.

Kandungan protein kasar pada perlakuan R2 merupakan kandungan terendah yang didapatkan. Menurut Jaelani dkk., (2014) kandungan protein dalam hasil fermentasi pakan dapat dipengaruhi oleh lama penyimpanan, kadar air, kualitas bahan baku, kandungan protein pada bahan baku serta tingkat keberhasilan dalam fermentasi tersebut. Noviadi dkk. (2012) berpendapat bahwa adanya penurunan kandungan protein kasar pada produk fermentasi disebabkan

oleh proses perubahan kimiawi yang terjadi pada fase tahapan awal fermentasi yaitu terurainya protein menjadi asam amino, selanjutnya menjadi amonia.

Berdasarkan hasil yang didapatkan seperti tertera pada Tabel 5, diperoleh hasil kandungan serat kasar yaitu R0 35.64%, R1 32.52%, R2 33.88%, R3 33.56% dan R4 34.12%. Adapun hasil analisis statistik menunjukkan bahwa fermentasi tongkol jagung dengan lama inkubasi 21 hari ini tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap kandungan serat kasar.

Kandungan serat kasar pada perlakuan R1, R2, R3 dan R4 lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan serat kasar R0 (kontrol negatif). Kandungan serat kasar terendah terjadi pada perlakuan R1 (penambahan bakteri RpE 5). Proses fermentasi pakan dapat merombak struktur jaringan kimia dinding sel, pemutusan ikatan lignoselulosa dan lignin sehingga pakan menjadi lebih mudah dicerna. Mikroba yang berperan dalam fermentasi memiliki kemampuan katabolik dalam mengubah komponen organik kompleks menjadi komponen sederhana. Fraksi serat kasar seperti selulosa dan hemiselulosa hanya dapat dirombak oleh mikroorganisme selulolitik dengan menggunakan enzim selulase dan hemiselulase (Santi dan Candrawati, 2016). Hal ini sejalan dengan Azizi-Shotorkhoft *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa rayap adalah salah satu serangga pencerna lignoselulosa yang dikenal mampu memecah lignin menjadi komponen yang lebih sederhana dan mencerna polimer karbohidrat.

Perlakuan R3 mengalami peningkatan total bakteri dari tiap interval waktu pengamatan. Selain itu, penurunan pH pada substrat juga terjadi seiring dengan meningkatnya total bakteri. Hal ini sejalan dengan David dkk. (2021) yang menyatakan bahwa penurunan pH pada pakan diduga diakibatkan oleh meningkatnya jumlah mikroorganisme terutama bakteri asam laktat yang dapat

mempercepat proses fermentasi sehingga pH yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Setelah inkubasi selama 21 hari, diperoleh kandungan protein kasar yang lebih tinggi dari kandungan protein kasar kontrol negatif yaitu 3.72% dan kandungan serat kasar yang lebih rendah dari kandungan serat kasar kontrol negatif yaitu 33.56%. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa fermentasi tongkol jagung dengan menggunakan gabungan isolat bakteri selulolitik RpE 5 dan RpE 11 yang diinkubasi selama 21 hari mampu meningkatkan kualitas tongkol jagung dalam pemanfaatannya sebagai pakan ternak.

Hal ini sesuai dengan Pamungkas (2011) yang menyatakan bahwa produk yang telah difermentasi umumnya mudah diurai secara biologis dan memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan asalnya. Hal tersebut dikarenakan mikroorganisme memecah komponen-komponen kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana sehingga mudah untuk dicerna. Peningkatan kualitas nutrisi pakan ternak fermentasi seperti protein kasar dan serat kasar juga penting bagi kelangsungan hidup ternak. Menurut Pasaribu dan Praptiwi (2014) bahwa bagi ternak ruminansia, serat kasar digunakan dalam membantu proses pencernaan makanan, berperan membantu penyerapan makanan dalam dinding usus secara sempurna.

Penelitian serupa oleh Islamiyati dkk. (2014) yang melakukan fermentasi tongkol jagung selama 21 hari dengan menggunakan fungi selulolitik mampu meningkatkan kandungan protein kasar dan menurunkan kandungan serat kasar, terjadi peningkatan protein kasar dari 2.99% menjadi 5.91% dan penurunan serat kasar dari 54.58% menjadi 45.32%. Selain itu, penelitian oleh Farliansyah (2020) yang melakukan fermentasi tongkol jagung dengan menggunakan cairan rumen mampu meningkatkan kandungan protein kasar dari 2.78% menjadi 3.11%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, kesimpulan dari penelitian ini adalah tongkol jagung yang difermentasi dengan penambahan bakteri selulolitik RpE 5 dan RpE 11 mampu meningkatkan kandungan nutrisi tongkol jagung sebagai pakan ternak. Hasil terbaik yang diperoleh yaitu pada perlakuan R3 (gabungan RpE 5 dan RpE 11) yang diinkubasi selama 21 hari dengan pH 4.5, kandungan protein kasar sebesar 3.72% dan serat kasar 33.56%.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, sebaiknya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat pengaruh hasil fermentasi tongkol jagung dengan penambahan bakteri selulolitik RpE 5 dan RpE 11 pada hewan ternak secara *in vivo*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aglazziyah, H., Ayuningsih, B. dan Khairani, L. 2020. Pengaruh Penggunaan Dedak Fermentasi terhadap Kualitas Fisik dan pH Silase Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*). *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, **2**(3).
- Agustono, B., Lamid, M., Ma'ruf, A. dan Purnama, M. T. E. 2017. Identifikasi Limbah Pertanian dan Perkebunan Sebagai Bahan Pakan Inkonvensional di Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*, **1**(1), 12-22.
- Arwinsyah, M.T. and Yunilas, 2019. Effect Of Bio Activator Use On Corn Cobs As A Complete Feed On Performance And Digestibility Of Local Sheep. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **260**(1), p. 012047). IOP Publishing.
- Aslamyah, S., Karim, M.Y., and Badraeni B. 2018. Effects of Dosage of Mix. Microorganisms in Feed Raw Materials Fermentation Containing Sargassum sp. on Growth Performance, Chemical Body Composition and Hepatosomatic Index of Milkfish, *Chanos chanos* Forsskal. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 59-70.
- AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis. 17th Ed.* Association of Official Analytical Chemist. Washington DC.
- Arumugam, N. and Anandakumar, S. 2016. Mini Review On Corncob Biomass: A Potential Resource for Value-Added Metabolites. *European Journal of Experimental Biology*, **6**(5), 9-13.
- Asri, A. C., dan Zulaika, E. 2016. Sinergisme Antar Isolat Azotobacter yang Dikonsorsiumkan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, **5**(2).
- Azizi-Shotorkhoft, A., Mohammadabadi, T., Motamedi, H., Chaji, M., and Fazaeli, H. 2016. Isolation And Identification Of Termite Gut Symbiotic Bacteria With Lignocellulose-Degrading Potential, And Their Effects On The Nutritive Value For Ruminants Of Some By-Products. *Animal Feed Science and Technology*, **221**, 234-242.
- Badan Pusat Statistik (BPS) diakses dari <http://www.bps.go.id/>, diakses pada tanggal 24 Juni 2021 pada jam 20.00 WITA.
- Canibe, N. and Jensen, B. B. 2012. Fermented Liquid Feed—Microbial and Nutritional Aspects And Impact On Enteric Diseases In Pigs. *Animal Feed Science and Technology*, **173**(1-2), 17–40
- Chang, S. K. C. and Zhang, Y. 2017. *Protein Analysis*. Food Analysis, 315–331.

- Chen, H. 2013. *Modern Solid State Fermentation*. Springer, China.
- Dai, Z., Cui, L., Li, J., Wang, B., Guo, L., Wu, Z., Zhu, W. and Wu, G. 2020. Fermentation Techniques In Feed Production. *Animal Agriculture*, 407–429.
- David, L. A., Bagau, B. dan Telleng, M. M. 2021. Pengaruh Lama Pemeraman Berbeda Terhadap Kualitas Fisik dan pH Silase Sorgum Varietas Samurai 2 Ratus Ke Satu. *ZOOTEC*, **41**(2), 464-471.
- Direktorat Pakan Ternak, 2012. *Pedoman Umum Pengembangan Lambung Pakan Ruminansia*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Jakarta.
- Fajarudin, M. W., Junus, M. dan Setyowati, E. 2013. Pengaruh Lama Fermentasi EM-4 terhadap Kandungan Protein Kasar Padatan Kering Lumpur Organik Unit Gas Bio. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, **23**(2), 14-18.
- Farcas, A. K., Larsen, J. A. and Fascetti, A. J. 2013. Evaluation of Fiber Concentration In Dry and Canned Commercial Diets Formulated for Adult Maintenance or All Life Stages of Dogs by Use of Crude Fiber and Total Dietary Fiber Methods. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **242**(7), 936–940.
- Farliansyah, F, Mustabi, J. dan Syahrir, R. 2020. Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar Tongkol Jagung Fermentasi Menggunakan Cairan Rumen sebagai Inokulan. *Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*, **14**(2), 28-40.
- Ferbiyanto, A., Rusmana, I., and Raffiudin, R. 2015. Characterization and Identification of Cellulolytic Bacteria from Gut of Worker *Macrotermes gilvus*. *Hayati Journal of Biosciences*, **22**(4), 197-200.
- Fitria, R. dan Candrasari, D. P. 2019. Kualitas Fisik Amoniasi Fermentasi (AMOFER) Janggal Jagung dengan Penambahan M21 Dekomposer pada Level yang Berbeda. *Bulletin of Applied Animal Research*, **1**(1), 35-39.
- Fitriani, F. dan Asyari, H. 2017. Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar Pakan Komplit Berbasis Tongkol Jagung dengan Penambahan Azolla Sebagai Pakan Ruminansia. *Jurnal Galung Tropika*, **6**(1), 12-18.
- Formenti, L. R., Nørregaard, A., Bolic, A., Hernandez, D. Q., Hagemann, T., Heins, A. L., Larsson, H., Mears, L., Iglesias, M.M., Kruhne, U. and Gernaey, K. V. 2014. Challenges In Industrial Fermentation Technology Research. *Biotechnology journal*, **9**(6), 727-738.
- Hasbi, M. 2019. Pengaruh Macam Inokulum Terhadap Karakteristik Fisik Dan Fraksi Serat Daun Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Fermentasi. *Naskah Publikasi Progam Studi Peternakan*.

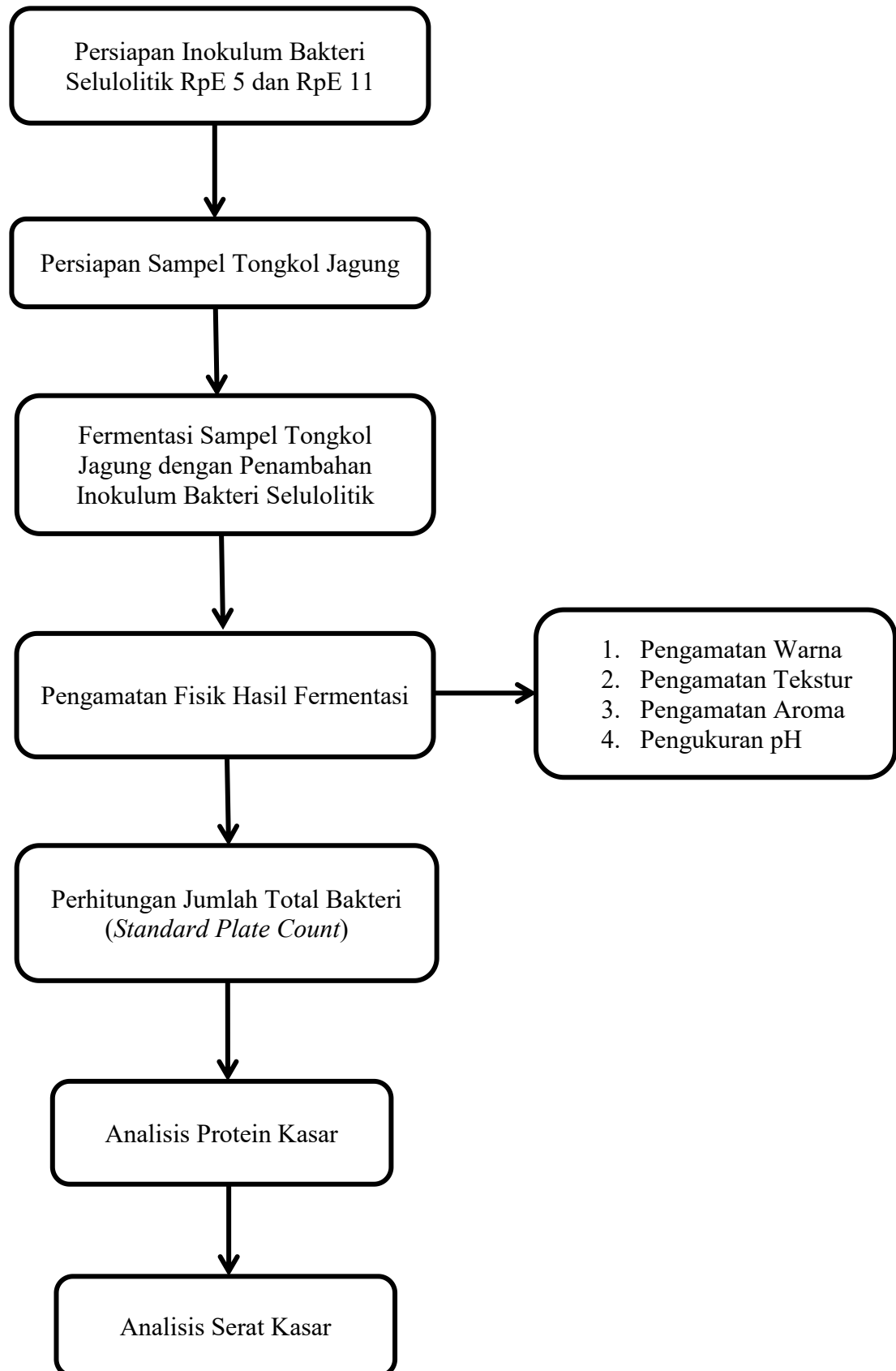
- Integrated Taxonomic Information System. 2021. Taxonomic Hierarchy: *Zea mays* L. <https://www.itis.gov>
- Irsyah, M.R., 2021. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Selulase Asap Pencernaan Rayap Kasta Pekerja *Cryptotermes cynocephalus* Light. Skripsi. Makassar: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
- Jam'an, Mardiyati, S. dan Ruliaty, R. 2019. Analisis Trend Produksi, Konsumsi, dan Harga Komoditas Pangan Strategis di Sulawesi Selatan. *Agrokompleks*, **19**(1), 1-8.
- Jamaluddin, D., Nurhaedar, N. dan Rasbawati, R. 2019. Analisis Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar Silase Pakan Komplek Berbahan Dasar Kombinasi Jerami Padi dan Daun Lamtoro Sebagai Pakan Ternak Ruminansia. *Bionature*, **19**(2).
- Kato, K., Kozaki, S. and Sakuranaga, M. 1998. Degradation of Lignin Compounds by Bacteria From Termite Guts. *Journal Biotechnology Letters*, **20**(5), 459-462.
- König, H., Li, L. and Fröhlich, J. 2013. The Cellulolytic System of The Termite Gut. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **97**(18), 7943–7962.
- Kurniawan, A., Sari, S. P. and Asriani, E. 2019. Molecular Identification of Cellulolytic Bacteria From Mangrove Sediment at Tin Mining Region In West Bangka. *International Journal of Applied Biology*, **3**(1), 7-14.
- Menendez, E., Garcia-Fraile, P. and Rivas, R. 2015. Biotechnological Applications of Bacterial Cellulases. *AIMS Bioengineering*, **2**(3), 163-182.
- Meryandini, A., Melani, V. and Sunarti, T. C. 2011. Addition of Cellulolytic Bacteria to Improved The Quality of Fermented Cassava Flour. *African Journal of Food Science and Technology*, **2**(2), 030-035.
- Moningkey, S., Junus, M., Sjojfan, O. and Widodo, E. 2016. Nutritive Value Evaluation On Rumen Content In Sludge Fermented With *Cellulomonas* sp. As Rabbit Feed. *International Journal of Cemtech Research*, **9**(4): 650-656.
- Mukherjee, R., Chakraborty, R. and Dutta, A. 2016. Role of Fermentation In Improving Nutritional Quality of Soybean Meal—a Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **29**(11), 1523.
- Mustabi, J., Rinduwati dan Mutmainnah, M. 2019. Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar Silase Ransum Komplek Pada Berbagai Bentuk dan Lama Penyimpanan. *Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*, **13**(1).

- Namsivayam, S. K. R., Narendrakumar, G. and Kumar, J. A. 2011. Evaluation of Effective Microorganism (EM) for Treatment of Domestic Sewage. *Journal of Experimental Sciences*, **2**(7).
- Naughton dan L. W. Larry. 1990. *Ekologi Umum*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Noviani, Yunilas dan Tafsin, M. 2018. The Utilization Level of Corn Cob Fermented by MOIYL on Dry Matter and Organic Matter Digestibility on Local Rabbit. *Jurnal Peternakan Integratif*, **6**(3).
- Nurhajati, T., Supranianondo, K. dan Lokapirnasari, W. P. 2016. Uji Aktivitas Pertumbuhan *Enterobacter cloacae* Selulolitik Aerob Rumen-1 Isolat Asal Limbah Cairan Rumen Sapi Peranakan Ongole. *Jurnal Veteriner*, **17**(3), 383-388.
- Nurlaela, S., Sunarti, T.C. dan Meryandini A. 2016. Formula Media Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat *Pediococcus pentosaceus* Menggunakan Substrat Whey Tahu. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, **2**(2), 31-38.
- Oduguwa, O. O., Edema, M. O. and Ayeni, A. O. 2008. Physico-Chemical and Microbiological Analyses of Fermented Corn Cob, Rice Bran and Husk For Use In Composite Rabbit Feed. *Bioresource Technology*, **99**(6), 1816–1820.
- Owens, F. N. and Basalan, M. 2016. Ruminant Fermentation. *Rumenology*, 63–102.
- Pasaribu, Y., dan Praptiwi, I. I. 2014. Kandungan Serat Kasar *Centrosema pubescens* dan *Capologonium mucunoides* Di Kampung Wasur. *Agricola*, **4**(1), 33-40.
- Patel K., Vaidya, Y., Patel, S., Joshi, C. and Kunjadia, A. 2011. Isolation and Characterization of Cellulase Producing Bacteria from Rumen Fluid. *International Journal of Advanced Research*, **3**(5): 1103-1112.
- Ray, R. C., and Behera, S. S. 2017. Solid State Fermentation For Production of Microbial Cellulases. *In Biotechnology of microbial enzymes* (pp. 43-79). Academic Press.
- Rosaini, H., Rasyid, R. dan Hagramida, V. 2017. Penetapan Kadar Protein Secara Kjeldahl Beberapa Makanan Olahan Kerang Remis (*Corbiculla moltkiana* Prime.) dari Danau Singkarak. *Jurnal Farmasi Higea*, **7**(2), 120-127.
- Rostika, R. and Safitri, R. 2012. Influence of Fish Feed Containing Corn-Cob Was Fermented by *Trichoderma* sp, *Aspergillus* sp, *Rhizopus oligosporus* to the Rate of Growth of Java Barb (*Puntius gonionitus*). *APCBEE Procedia*, **2**, 148-152.
- Sadh, P. K., Duhan, S. and Duhan, J. S. 2018. Agro-Industrial Wastes and Their

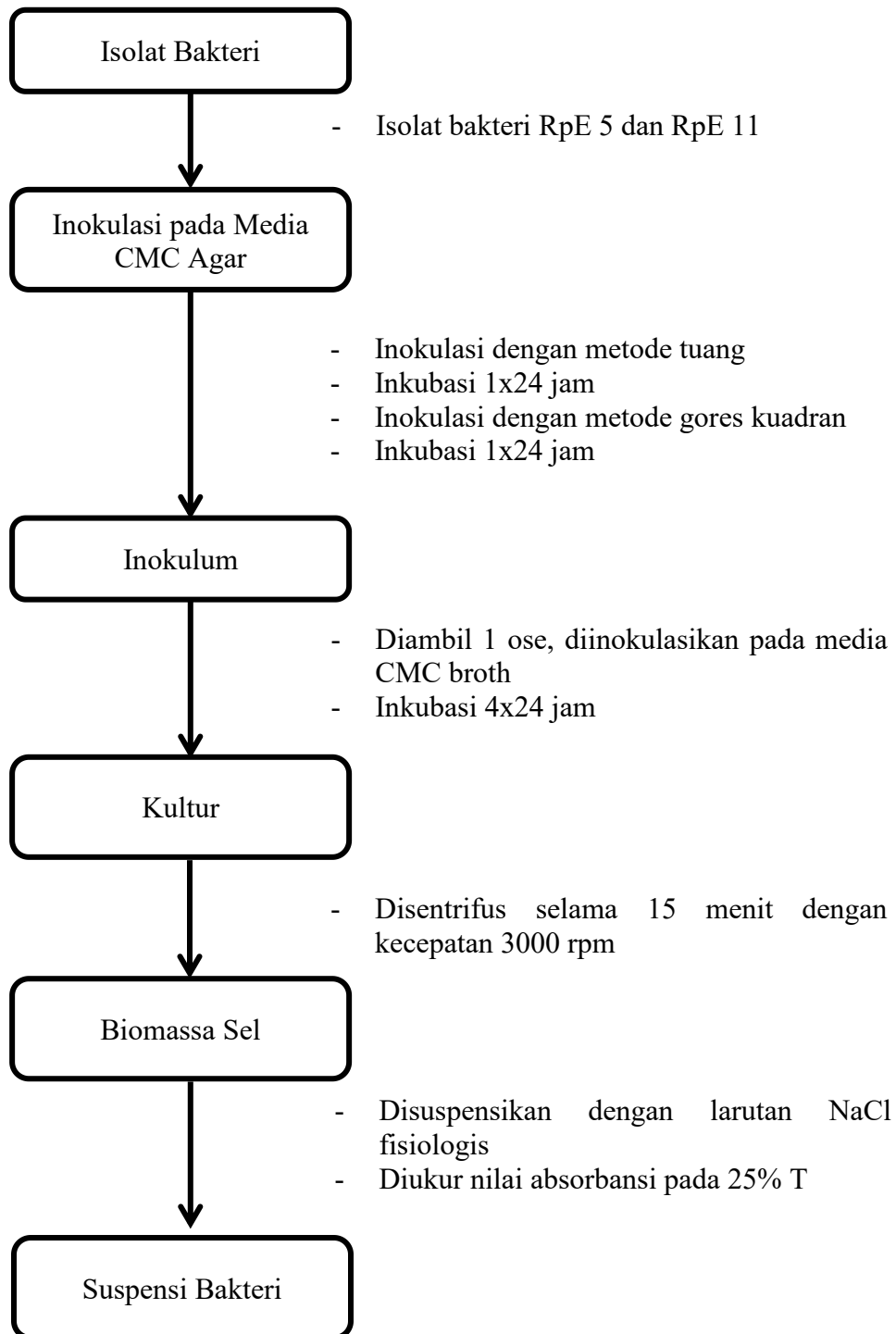
- Utilization Using Solid State Fermentation: A Review. *Bioresources and Bioprocessing*, **5**(1), 1-15.
- Sadhu, S. and Maiti, T. K. 2013. Cellulase Production by Bacteria: A Review. *Microbiology Research Journal International*, **3**(3): 235-258.
- Sahoo, K., Sahoo, R. K., Gaur, M. and Subudhi, E. 2020. Cellulolytic Thermophilic Microorganisms In White Biotechnology: A Review. *Folia microbiologica*, **65**(1), 25-43.
- Santi, N. P. A. A., dan Candrawati, D. P. M. A. 2015. Kecernaan dan Nilai Nutrisi Dedak Padi Yang Difermentasi Dengan *Saccharomyces* sp Isolat Dari Ragi Tape. *Jurnal Peternakan Tropika*, **3**(1), 146-160.
- Sari, N. P., Sari, R. dan Untari, E. K. 2018. Antibacterial Activity Test of Bacteriocin from *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum* Against Gram Positive Pathogenic Bacteria. *J. Trop. Biodiv. Biotech*, **3**(3), 85.
- Syafri, A., Harjanti, D. W., dan Santoso, S. A. B. 2014. Hubungan Antara Konsumsi Protein Pakan Dengan Produksi, Kandungan Protein Dan Laktosa Susu Sapi Perah Di Kota. *Animal Agriculture Journal*, **3**(3), 450-456.
- Soccol, C. R., Costa, E. S. F. da, Letti, L. A. J., Karp, S. G., Woiciechowski, A. L. and Vandenberghe, L. P. de S. 2017. Recent Developments And Innovations In Solid State Fermentation. *Biotechnology Research and Innovation*, **1**(1), 52–71
- Sulaiman, M. A., Adetifa, B. O., Adekomaya, S. O., Lawal, N. S. and Adama, O. 2019. Experimental Characterization of Maize Cob and Stalk Based Pellets for Energy Use. *Engineering Journal*, **23**(6), 117-128.
- Suningsih, N., Ibrahim, W., Liandris, O. dan Yulianti, R. 2019. Kualitas Fisik dan Nutrisi Jerami Padi Fermentasi Pada Berbagai Penambahan Starter. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, **14**(2), 191-200.
- Takada, M., Niu, R., Minami, E. and Saka, S. 2018. Characterization of Three Tissue Fractions In Corn (*Zea mays*) Cob. *Biomass and Bioenergy*, **115**, 130–135.
- Uyeh, D. D., Kim, J., Woo, S., Kim, Y., Park, T. and Ha, Y. 2019. *Non-Destructive Determination of Crude Fiber In Food and Agricultural By-Products*. 2019 Boston, Massachusetts July 7- July 10, 2019
- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum*. Malang : UMM Press.
- Wanto, A., Hartama, D., Bhawika, G. W., Chikmawati, Z., Hutauruk, D. S.,

- Siregar, P. H., Marpaung, R.F., Efendi, S., Gultom, I. and Windarto, A. P. 2019. Model of Artificial Neural Networks in Predictions of Corn Productivity in an Effort to Overcome Imports in Indonesia. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1339, No. 1, p. 012057). IOP Publishing.
- Yahya, A., Hasan, S., Natsir, A. and Nuhung, B. 2016. The Effect of a Different form of Corn Cob Based Complete Feed On the Consumption, Characteristics, and Ruminant Fermentation on Ruminants. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, **30**(5): 75-86.
- Zhang, Y., Ghaly, A. E. and Li, B. 2012. Physical Properties of Corn Residues. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, **8**(2), 44-53.
- Zou, Y., Fu, J., Chen, Z. and Ren, L. 2021. The Effect of Microstructure On Mechanical Properties Of Corn Cob. *Micron*, 146, 103070.

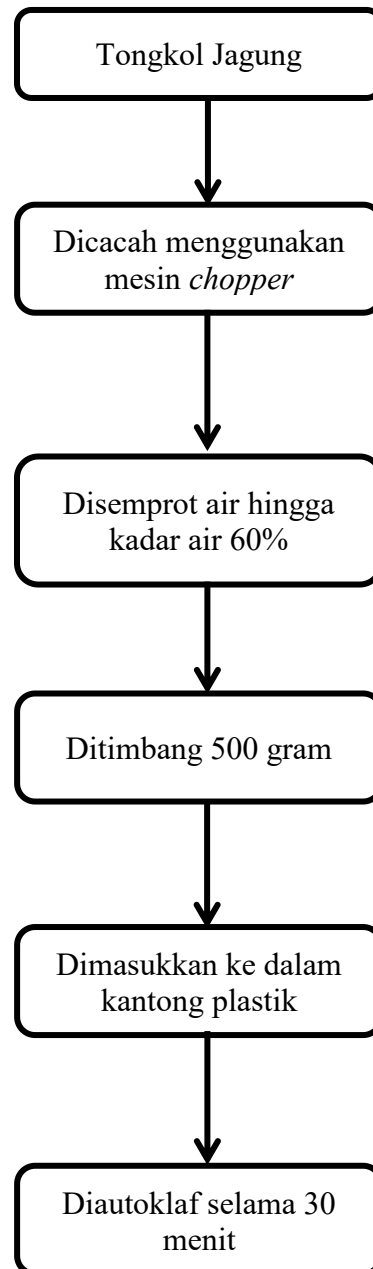
Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian



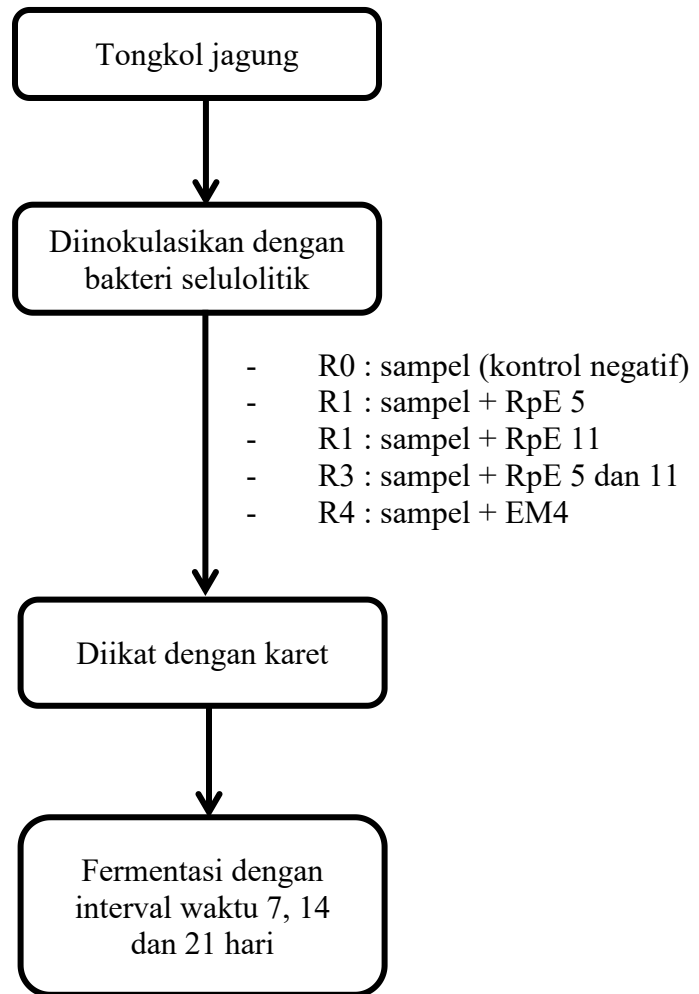
Lampiran 2. Skema Kerja Persiapan Inokulum Bakteri Selulolitik RpE 5 dan RpE 11



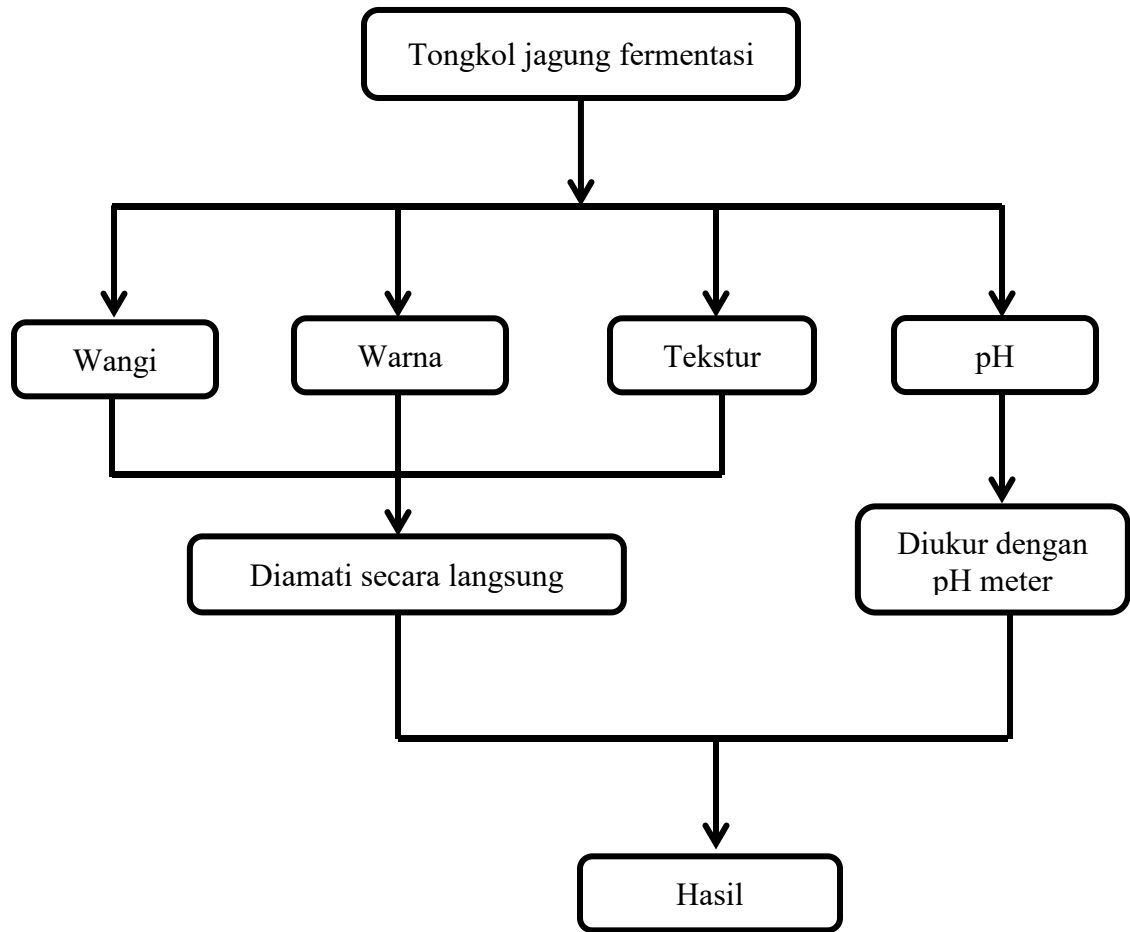
Lampiran 3. Skema Kerja Persiapan Sampel Tongkol Jagung



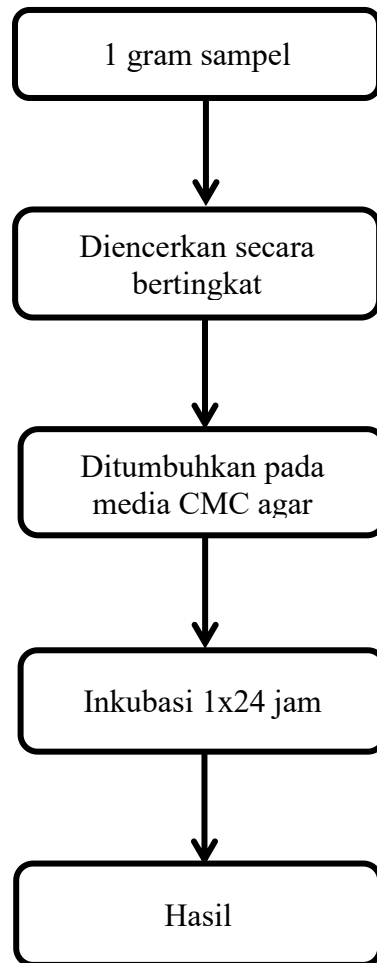
Lampiran 4. Skema Kerja Fermentasi Sampel Tongkol Jagung



Lampiran 5. Skema Kerja Pengamatan Fisik Hasil Fermentasi

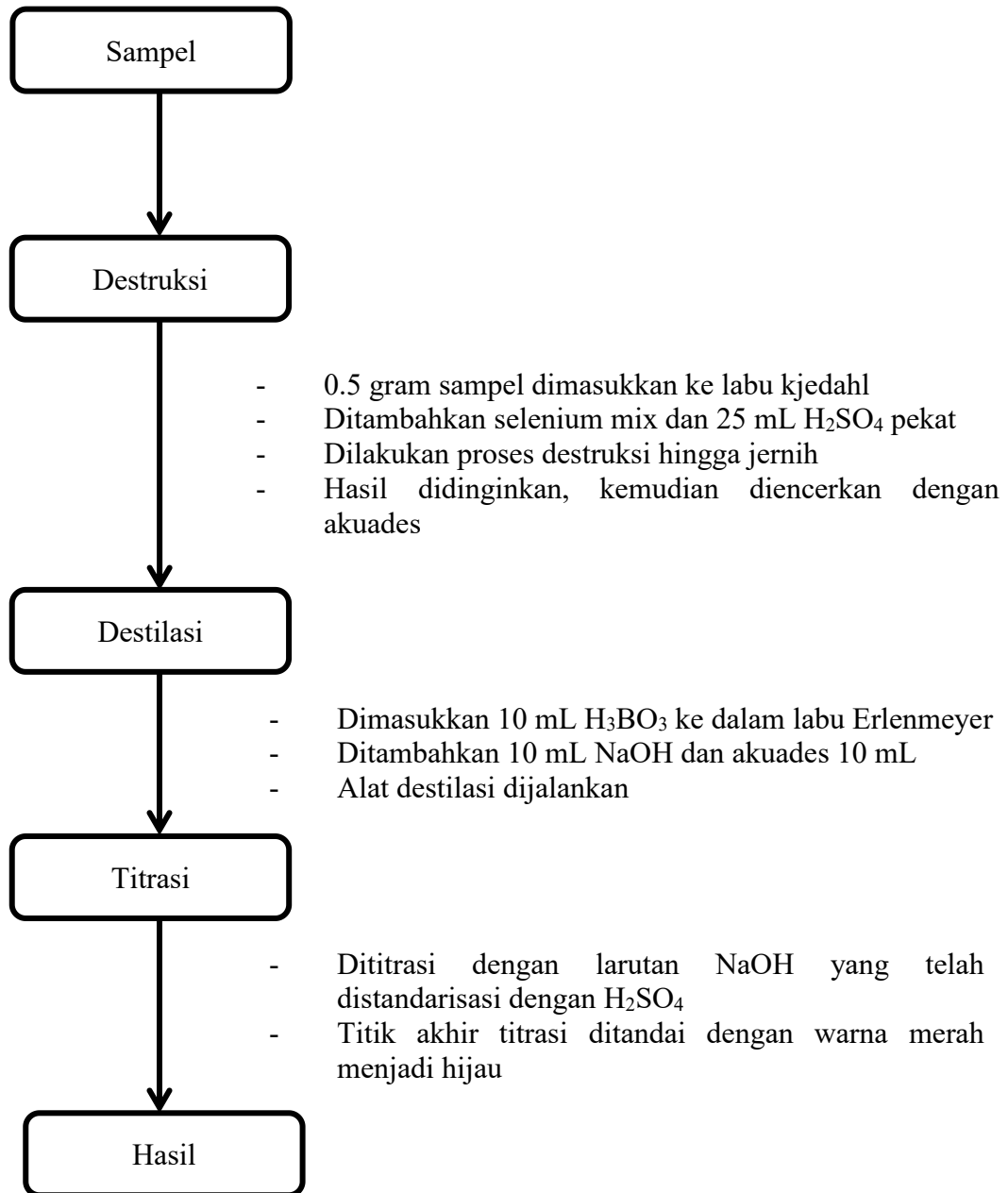


Lampiran 6. Skema Kerja Perhitungan Jumlah Bakteri (*Standard Plate Count*)

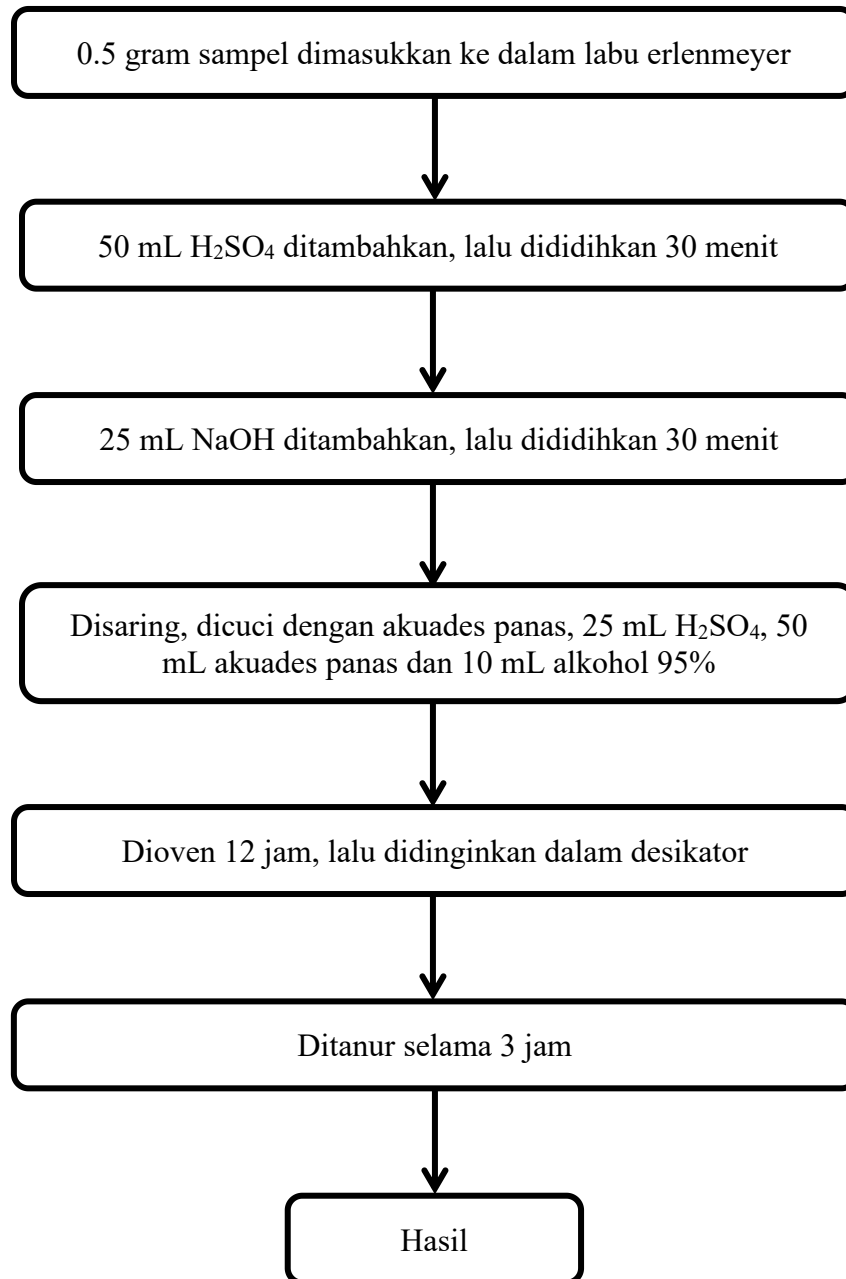


- Dihitung dengan metode SPC

Lampiran 7. Skema Kerja Analisis Protein Kasar



Lampiran 8. Skema Kerja Analisis Serat Kasar



Lampiran 9. Analisis Statistik SPSS Pengukuran pH Hasil Fermentasi

Descriptives

ulangan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
R0A1	3	6.933	.0577	.0333	6.790	7.077	6.9	7.0
R0A2	3	6.933	.0577	.0333	6.790	7.077	6.9	7.0
R0A3	3	6.933	.0577	.0333	6.790	7.077	6.9	7.0
R1A1	3	6.233	.1528	.0882	5.854	6.613	6.1	6.4
R1A2	3	5.900	.6000	.3464	4.410	7.390	5.3	6.5
R1A3	3	4.467	.1528	.0882	4.087	4.846	4.3	4.6
R2A1	3	6.633	.1528	.0882	6.254	7.013	6.5	6.8
R2A2	3	6.267	.0577	.0333	6.123	6.410	6.2	6.3
R2A3	3	5.567	.2517	.1453	4.942	6.192	5.3	5.8
R3A1	3	6.833	.2887	.1667	6.116	7.550	6.5	7.0
R3A2	3	6.467	.4163	.2404	5.432	7.501	6.0	6.8
R3A3	3	4.500	.0000	.0000	4.500	4.500	4.5	4.5
R4A2	3	6.200	.5000	.2887	4.958	7.442	5.7	6.7
R4A1	3	6.633	.0577	.0333	6.490	6.777	6.6	6.7
R4A3	3	5.367	.1155	.0667	5.080	5.654	5.3	5.5
Total	45	6.124	.8318	.1240	5.875	6.374	4.3	7.0

ANOVA

ulangan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.383	14	2.027	29.525	.000
Within Groups	2.060	30	.069		
Total	30.443	44			

Duncan^a

perlakua		Subset for alpha = 0.05					
n	N	1	2	3	4	5	6
R1A3	3	4.467					
R3A3	3	4.500					
R4A3	3		5.367				
R2A3	3		5.567	5.567			
R1A2	3			5.900	5.900		
R4A2	3				6.200	6.200	
R1A1	3				6.233	6.233	
R2A2	3				6.267	6.267	
R3A2	3					6.467	6.467
R2A1	3					6.633	6.633
R4A1	3					6.633	6.633
R3A1	3						6.833
R0A1	3						6.933
R0A2	3						6.933
R0A3	3						6.933
Sig.		.877	.357	.130	.127	.083	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 10. Analisis Statistik SPSS Perhitungan Total Bakteri (SPC)

Descriptives

0

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
R0A1	3	,00	,000	,000	,00	,00
R0A2	3	,00	,000	,000	,00	,00
R0A3	3	,00	,000	,000	,00	,00
R1A1	3	233333333,33	92915732,432	53644923,131	2517858,38	464148808,28
R1A2	3	200000000,00	72111025,509	41633319,989	20866282,10	379133717,90
R1A3	3	253333333,33	25166114,784	14529663,145	190817238,54	315849428,13
R2A1	3	53333,33	15275,252	8819,171	15387,50	91279,16
R2A2	3	105000000,00	77620873,481	44814432,199	-87820939,03	297820939,03
R2A3	3	116666666,67	41633319,989	24037008,503	13243766,42	220089566,92
R3A1	3	640000,00	372692,903	215174,348	-285820,50	1565820,50
R3A2	3	33666666,67	5859465,277	3382963,855	19110948,00	48222385,33
R3A3	3	76333333,33	72459183,913	41834329,337	-103665257,99	256331924,65
R4A1	3	4666666,67	907377,173	523874,455	2412616,81	6920716,52
R4A2	3	370000000,00	236431808,351	136503968,196	-217329171,38	957329171,38
R4A3	3	270000000,00	20000000,000	11547005,384	220317245,76	319682754,24
Total	4	110912888,89	136028773,203	20277972,252	70045321,14	151780456,64

5

ANOVA

0

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6465471358577 77790,000	14	4618193827555 5560,000	8,265	,000
Within Groups	1676212582666 66592,000	30	5587375275555 555,000		
Total	8141683941244 44540,000	44			

0

Waller-Duncan^{a,b}

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
R0A1	3	,00			
R0A2	3	,00			
R0A3	3	,00			
R2A1	3	53333,33			
R3A1	3	640000,00			
R4A1	3	4666666,67			
R3A2	3	33666666,67			
R3A3	3	76333333,33	76333333,33		
R2A2	3	105000000,00	105000000,00	105000000,00	
R2A3	3	116666666,67	116666666,67	116666666,67	
R1A2	3		200000000,00	200000000,00	200000000,00
R1A1	3			233333333,33	233333333,33
R1A3	3			253333333,33	253333333,33
R4A3	3				270000000,00
R4A2	3				

0

Waller-Duncan^{a,b}

Perlakuan	Subset for alpha = 0.05				
	5				
R0A1					
R0A2					
R0A3					
R2A1					
R3A1					
R4A1					
R3A2					
R3A3					
R2A2					
R2A3					
R1A2					
R1A1					233333333,33
R1A3					253333333,33
R4A3					270000000,00
R4A2					370000000,00


Lampiran 11. Hasil Analisis Protein Kasar dan Serat Kasar

No Uji	Kode Sampel	Jenis Sampel	Air (%)		Abu (%)		Protein Kasar (%)		Lemak Kasar (%)		Serat Kasar (%)		Ca (%)	
			Sampel	SNI/PTM Maks	Sampel	SNI/PTM Maks	Sampel	SNI/PTM Min	Sampel	SNI/PTM Maks	Sampel	SNI/PTM Maks	Sampel	SNI/PTM Maks
6	P. 12 . 05 . 006 /PK	Tongkol Jagung Kontrol Negatif (A)	-	-	-	-	3,01	-	-	-	33,93	-	-	-
			-	-	-	-	3,01	-	-	-	39,17	-	-	-
			-	-	-	-	3,01	-	-	-	33,94	-	-	-
7	P. 12 . 05 . 007 /PK	Tongkol Jagung Sampel + Bakteri Rpe S (B)	-	-	-	-	2,83	-	-	-	33,59	-	-	-
			-	-	-	-	3,54	-	-	-	32,73	-	-	-
			-	-	-	-	3,54	-	-	-	31,26	-	-	-
8	P. 12 . 05 . 008 /PK	Tongkol Jagung Sampel + Bakteri Rpe S & II (C)	-	-	-	-	3,72	-	-	-	32,84	-	-	-
			-	-	-	-	3,72	-	-	-	32,87	-	-	-
			-	-	-	-	3,72	-	-	-	34,97	-	-	-
9	P. 12 . 05 . 009 /PK	Tongkol Jagung Sampel + Bakteri Rpe II (D)	-	-	-	-	2,83	-	-	-	33,78	-	-	-
			-	-	-	-	2,66	-	-	-	33,33	-	-	-
			-	-	-	-	2,84	-	-	-	34,53	-	-	-
10	P. 12 . 05 . 010 /PK	Tongkol Jagung Kontrol Positif (E)	-	-	-	-	3,36	-	-	-	34,30	-	-	-
			-	-	-	-	3,55	-	-	-	33,56	-	-	-
			-	-	-	-	3,9	-	-	-	34,50	-	-	-
Metode			SNI 01-2891-1992 Baur 5.1		SNI 01-2891-1992 Baur 6		AOAC 2005, Bab 4 Baur 4.2.11		AOAC 2005 Bab 4.B.4.5.06		SNI 01-2891-1992 Baur 11		AOAC 2005, Bab 4 hal 31	

Keterangan :

- Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang di uji

Penyaha


Ir. M. Fariduddin, S.Pt, M.Si, I.PM
Nip.1971005 200801 1 014

Analisis Pakan


Yusef
Nip.19930516 202012 1 006

Lampiran 12. Analisis Statistik SPSS Kandungan Protein Kasar

Descriptives

ulangan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
R0	3	3.0100	.00000	.00000	3.0100	3.0100	3.01	3.01
R1	3	3.3033	.40992	.23667	2.2850	4.3216	2.83	3.54
R3	3	3.7200	.00000	.00000	3.7200	3.7200	3.72	3.72
R2	3	2.7767	.10116	.05840	2.5254	3.0280	2.66	2.84
R4	3	3.6033	.27392	.15815	2.9229	4.2838	3.36	3.90
Total	15	3.2827	.41242	.10649	3.0543	3.5111	2.66	3.90

ANOVA

ulangan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.875	4	.469	9.251	.002
Within Groups	.507	10	.051		
Total	2.381	14			

ulangan

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
R2	3	2.7767		
R0	3	3.0100	3.0100	
R1	3		3.3033	3.3033
R4	3			3.6033
R3	3			3.7200
Sig.		.233	.142	.055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 13. Analisis Statistik SPSS Kandungan Serat Kasar

Descriptives

ulangan

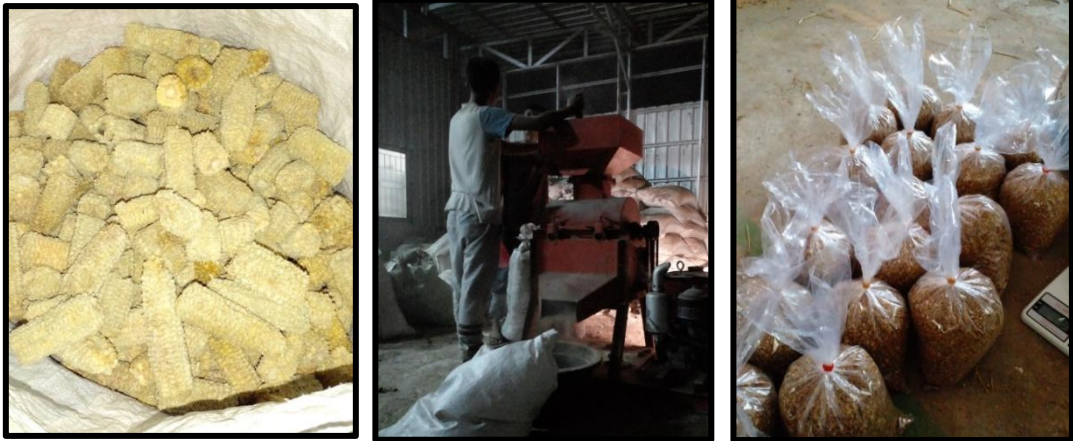
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
R0	3	35.6467	3.05179	1.76195	28.0656	43.2277	33.83	39.17
R1	3	32.5267	1.17823	.68025	29.5998	35.4536	31.26	33.59
R2	3	33.8800	.60622	.35000	32.3741	35.3859	33.33	34.53
R3	3	33.5600	1.22119	.70505	30.5264	36.5936	32.84	34.97
R4	3	34.1200	.49518	.28589	32.8899	35.3501	33.56	34.50
Total	15	33.9467	1.70885	.44122	33.0003	34.8930	31.26	39.17

ANOVA

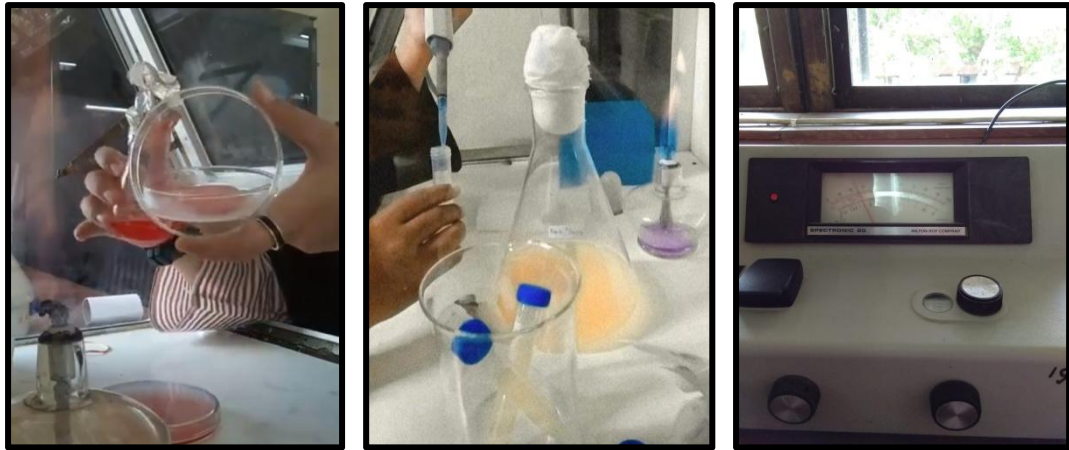
ulangan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15.271	4	3.818	1.491	.277
Within Groups	25.611	10	2.561		
Total	40.883	14			

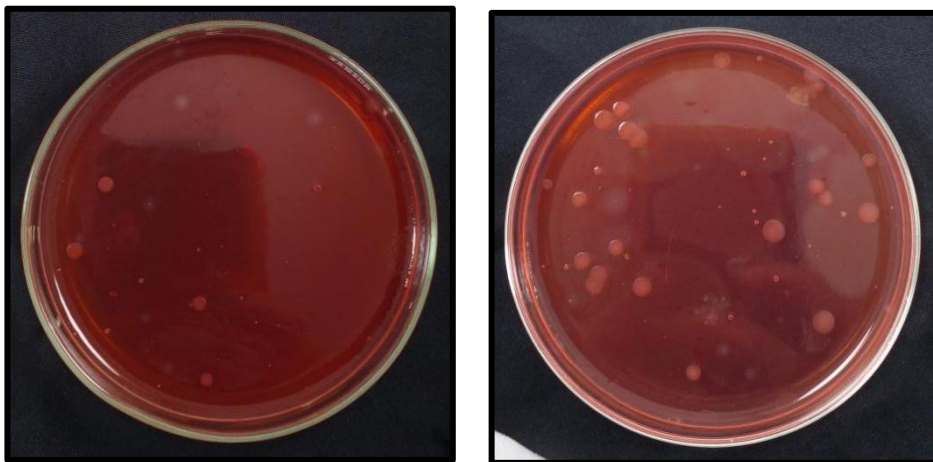
Lampiran 14. Foto Prosedur Penelitian



Persiapan tongkol jagung



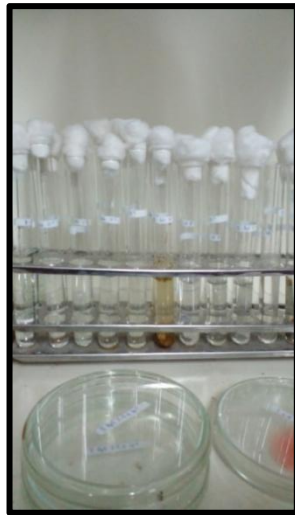
Persiapan inokulum bakteri selulolitik



Inokulasi pada media CMC agar dengan metode tuang



Fermentasi tongkol jagung dengan penambahan bakteri selulolitik



Perhitungan Total Bakteri (SPC)



Perhitungan pH



Penimbangan sampel



Analisis protein kasar



Analisis serat kasar



Tongkol jagung sebelum fermentasi (kiri) dan setelah fermentasi (kanan)