

## **Kandungan protein sel tunggal dalam kombinasi tape jerami dan limbah singkong menggunakan kapang *Saccharomyces cerevisiae***

### ***Single-cell protein content in straw tape and cassava waste using *Saccharomyces cerevisiae* mold***

**Ramaiyulis\*, Suri Suciani, Novadhilah Rahmi, Salvia S., Muthia Dewi**

Program Studi Teknologi Produksi Ternak, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Jln. Raya Negara km. 7, Tanjung Pati Kabupaten Lima Puluh Kota

\*Corresponding author: ramaiyulis@gmail.com

#### **ABSTRACT**

Rice straw and cassava waste are abundant agricultural byproducts, but they have limitations in nutritional value, particularly low protein content. This study aims to evaluate the effect of a combination of straw and cassava substrates, as well as the addition of *Saccharomyces cerevisiae* mold, on increasing the content of single cell protein (SCP), crude protein, pure protein, microbial biomass, and pH stability during fermentation. The study was conducted experimentally with a 2×2 factorial completely randomized design (CRD) using four treatments: JKN (straw + cassava peel without yeast), JKR (straw + cassava peel + yeast), JSN (straw + cassava without yeast), and JSR (straw + cassava + yeast). Fermentation was carried out for 7 days under anaerobic conditions. The results showed that the JSR treatment produced the highest SCP (47.59 mg/mL) and the largest microbial biomass (4.37 mg/mL), while JSN produced the highest crude protein (13,40%) and pure protein (9,61%). The addition of yeast significantly increased PST and biomass, but in some treatments, it decreased the pure protein content. The combination of straw and cassava has been shown to increase the nutritional value of feed ingredients through the fermentation process, with effectiveness depending on the type of substrate and the presence of microbial inoculum.

**Keywords:** Cassava waste, fermentation, rice straw, *saccharomyces cerevisiae*, single cell protein

#### **PENDAHULUAN**

Pakan yang berkualitas dan berlimpah menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan peternak dalam meningkatkan produktivitas ternak dan meraih keuntungan. Salah satu sumber pakan dari limbah pertanian yang berlimpah dan perlu terus dimanfaatkan adalah jerami padi. Meskipun jerami padi memiliki potensi sebagai bahan pakan ternak, kualitas nutrisinya yang rendah, terutama kandungan protein dan energi, menjadi kendala utama dalam pemanfaatannya (Tung *et al.*, 2016; Sarnklong *et al.*, 2017). Keterbatasan ini disebabkan oleh kandungan lignoselulosa dan silika yang tinggi serta protein kasar yang rendah, yang membuat jerami padi sulit dicerna oleh mikroba rumen (Oladosu *et al.*, 2016; Muthia *et al.*, 2021). Selain itu, penelitian oleh (Wood *et al.*, 2016) menunjukkan bahwa jerami padi, meskipun memiliki komposisi karbohidrat yang sebanding dengan sekam padi, jerami padi jauh lebih mudah dihidrolisis setelah dilakukan pretreatment dengan metode *steam explosion*. Hal ini menunjukkan bahwa jerami padi memiliki potensi besar sebagai bahan baku pakan jika melalui pengolahan yang tepat.

Berbagai upaya telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya untuk meningkatkan kualitas nutrisi jerami padi melalui penerapan teknik fisik, kimia, biologis atau kombinasi ketiganya dalam pengolahan jerami padi, salah satunya adalah fermentasi (Oladosu *et al.*, 2016; Wood *et al.*, 2016; Muthia *et al.*, 2021) Fermentasi menggunakan mikroorganisme seperti kapang *Saccharomices cerevisiae* dapat meningkatkan kandungan protein melalui pembentukan biomassa mikroba yang disebut protein sel tunggal (PST). Mikroorganisme ini dikenal efisien dalam memfermentasi substrat lignoselulosa menjadi senyawa bernilai tambah dan meningkatkan kualitas pakan (Singh dan Patel, 2022).

Selain jerami, limbah singkong seperti umbi singkong dan kulit singkong memiliki potensi besar sebagai sumber karbon karena kandungan patinya yang tinggi, sekitar 38–40% (Adeleke and Odedeji, 2021) Namun, singkong juga mengandung senyawa antinutrisi seperti asam sianida (HCN) yang dapat membahayakan ternak. Fermentasi terbukti mampu menurunkan kadar HCN secara signifikan, menjadikan singkong lebih aman digunakan sebagai bahan pakan (Musa *et al.*, 2021). Fermentasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kandungan HCN pada limbah singkong dan sekaligus meningkatkan kualitas nutrisinya. Kapang *S. cerevisiae* merupakan salah satu mikroorganisme yang berpotensi dalam proses fermentasi ini. Sebagai anggota kelompok Ascomycota, *S. cerevisiae* memiliki karakteristik yang mendukung produksi PST, dengan kandungan protein yang tinggi dan profil gizi yang baik. Penambahan urea dan diamonium fosfat (DAP) dalam proses fermentasi juga dapat meningkatkan kualitas nutrisi pakan ternak yang dihasilkan, dengan menyediakan sumber nitrogen dan fosfor yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme (Lopes *et al.*, 2016)

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lama fermentasi tape jerami padi dan singkong dengan kapang *S. cerevisiae* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kandungan protein dan PST. Penelitian oleh (Sukaryana *et al.*, 2011) menunjukkan bahwa fermentasi singkong dengan *S. cerevisiae* selama 7 hari dapat menurunkan kandungan HCN hingga 90% dan meningkatkan kandungan protein kasar sebesar 3,5%. Sementara itu, penelitian (Wina *et al.*, 2015) menunjukkan bahwa fermentasi campuran jerami padi dan singkong selama 10 hari dapat meningkatkan kandungan protein kasar hingga 18,8% dan PST sebesar 11,4%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi jerami padi dan limbah singkong serta penambahan kapang *S. cerevisiae* terhadap peningkatan kandungan protein sel tunggal, protein kasar, protein murni, biomassa mikroba, dan pH dari hasil fermentasi. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap optimalisasi pemanfaatan limbah pertanian sebagai pakan alternatif yang berkualitas dan ekonomis.

## MATERI DAN METODE

### Waktu, tempat, dan materi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan dari 12 Februari hingga 2 Mei 2025 di Laboratorium Nutrisi Ternak Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah jerami padi, singkong, urea, diamonium fosfat (DAP), ragi *S. cerevisiae*, dan Bungkil kedelai. Alat yang digunakan meliputi chopper, pH meter, seperangkat alat destilasi Kjeldahl, spektrofotometer, vakum, sentrifuse, elemeyer, timbangan analitik, gelas ukur, dan inkubator bakteri (MCO-5AC, Panasonic, USA).

### Metode dan rancangan percobaan

Perlakuan pada penelitian ini ada dua faktor yaitu penggunaan kulit singkong dan penambahan ragi *Saccharomices cerevisiae* dengan empat kombinasi perlakuan dengan komposisi bahan pakan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Jerami padi diperoleh dari sisa panen padi yang dicacah dengan mesin *chopper*. Penggunaan singkong adalah umbi singkong utuh yaitu kulit dan isinya, sedangkan kulit singkong adalah sayatan kulit dan sedikit isinya

yang melekat yaitu limbah dari industri pengolahan singkong. Penambahan bungkil kedele berguna untuk penyediaan asam amino dan penyediaan sumber nitrogen yang bisa diasimilasi mikroba diberikan dengan penambahan Diammonium fosfat  $(\text{NH}_4)_2(\text{HPO}_4)$  dan urea  $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ . Ragi *Saccharomyces cerevisiae* menggunakan inokulum yang diperbanyak dari biakan murni.

Fermentasi dilakukan dalam wadah plastik PE (*polyethylene*) ketebalan 0,1 mm, ukuran 90 x 150 cm. Bahan sesuai komposisi pada Tabel 1 diaduk dan dimasukkan ke dalam wadah, kemudian divakum menggunakan pompa untuk mengeluarkan udara yang terperangkap pada sela bahan dan seterusnya diikat. Fermentasi dilakukan selama 7 hari, dan kemudian dilakukan analisa hasil fermentasi.

Tabel 1. Perlakuan dan komposisi bahan Tape jerami dalam penelitian (%)

BAHAN PAKAN	Kulit singkong		Singkong	
	Non Ragi	Ragi	Non Ragi	Ragi
	JKN	JKR	JSN	JSR
Jerami padi	78,5	78,5	78,5	78,5
Singkong	0	0	13,3	13,3
Kulit singkong	13,3	13,3	0	0
Bungkil kedele	4,3	4,3	4,3	4,3
Diamonium Phosphate (DAP)	2,0	2,0	2,0	2,0
Urea	1,4	1,4	1,4	1,4
Ragi <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0	0,6	0	0,6

Keterangan: JKN : jerami + kulit singkong tanpa ragi *S. cerevisiae*; JKR : jerami + kulit singkong + ragi *S. cerevisiae*; JSN : jerami + singkong tanpa ragi *S. cerevisiae*; JSR : jerami + singkong + ragi *S. cerevisiae*

### Pengukuran parameter penelitian

Parameter penelitian ini terdiri dari pH, Protein murni, Protein kasar, Protein Sel Tunggal, dan Biomasa Mikroba. Hasil tape jerami diambil sampelnya secara acak sebanyak 1 kg dan dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diaduk merata. Kemudian dari sampel ini diambil 30 gr, ditambah aquades 270 ml dan diblender selama 2 menit hingga membentuk jus. Kemudian jus disaring dengan 4 lapis kain kassa dan dimasukkan kedalam botol sampel untuk pengukuran pH dan protein mikroba. Pengukuran pH menggunakan pH meter digital Hanna® yang telah dikalibrasi.

Biomassa mikroba dan PST dianalisa mengikuti prosedur (Griswold *et al.*, 2003). Cairan jus sampel yang diperoleh sebelumnya, disentrifus pada 1.500 rpm selama 5 menit dan supernatan yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabung *effendorf* dan dilanjutkan sentrifus pada 12.000 rpm selama 30 menit, pada suhu 4°C. Endapan yang diperoleh kemudian dikeringkan pada oven 60°C untuk memperoleh berat biomassa mikroba (PST). Analisa kandungan protein biomassa mikroba dilakukan dengan menggunakan *Lawry assay* dan pengukurannya dengan UV-VIS spektrofotometer pada 700 nm dengan standar *Bovine serum albumin* (BSA).

Sampel kering jerami fermentasi digiling dengan mesin Disk-Mill kemudian digunakan untuk analisa protein kasar. Pengukuran protein kasar dilakukan dengan metode Kjeldahl dengan angka konversi nitrogen 6,25. Pengukuran protein murni dilakukan mengikuti prosedur (Icharda, 2011) menggunakan pengikat protein *Trichloroacetic acid* (TCA) yang dilanjutkan dengan analisa protein dengan metode Kjeldahl.

### Analisis data

Analisis data dilakukan dengan metode statistik menggunakan analisis of varians (ANOVA) dua arah menggunakan software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) dengan rancangan acak lengkap pola faktorial. Perbedaan nilai antar perlakuan dianalisa dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Nilai pH

pH merupakan indikator utama dalam menentukan tingkat keasaman atau kebasaaan suatu media fermentasi. Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai interaksi substrat singkong dan substrat ragi berpengaruh tidak nyata ( $P>0,05$ ), namun terdapat pengaruh substrat singkong dan substrat ragi ( $P<0,05$ ) terhadap nilai pH. pH tertinggi ditemukan pada jerami segar yang merepresentasikan kondisi awal sebelum terjadi proses fermentasi aktif. Setelah penambahan ragi pada substrat yang sama (JKR), pH menurun yang menunjukkan terjadinya fermentasi asam secara signifikan. Pada perlakuan JSN nilai pH sebesar 4,02 dan menurun lebih lanjut menjadi 4,37 pada JSR. Nilai pH dalam penelitian ini tergolong optimal untuk *S. cerevisiae* bekerja, sebagai mana (Kavitha et al., 2020; Rizqi et al., 2020) menyatakan bahwa dalam fermentasi menggunakan ragi *S cerevisiae*, pH yang optimal berkisar antara 3,5–5,5 untuk memastikan aktivitas fermentatif yang maksimal dan menghambat pertumbuhan mikroba kontaminan.

Tabel 2. Pengaruh interaksi singkong dan ragi terhadap parameter penelitian

Parameter	Tape jerami	Penambahan Ragi		Rataan	Nilai P		
		N	R		S×R	S	R
pH	JK	3,72	3,77	3,74 <sup>B</sup>	0,072	0,006	0,018
	JS	4,02	4,37	4,20 <sup>A</sup>			
	Rataan	3,87 <sup>B</sup>	4,07 <sup>A</sup>				
Protein Kasar (%)	JK	10,90 <sup>a</sup>	13,00 <sup>a</sup>	11,95	0,002	0,123	0,068
	JS	13,40 <sup>a</sup>	6,80 <sup>b</sup>	10,10			
	Rataan	12,15	9,90				
Protein Murni (%)	JK	7,22	8,42	7,82	0,135	0,130	0,589
	JS	9,61	4,72	7,17			
	Rataan	8,42	6,57				
Biomassa Mikroba (mg/ml)	JK	3,72	3,78	3,75 <sup>B</sup>	0,072	0,006	0,018
	JS	4,03	4,37	4,20 <sup>A</sup>			
	Rataan	3,88 <sup>B</sup>	4,08 <sup>A</sup>				
Protein Sel Tunggal (mg/ml)	JK	19,83	18,46	19,15 <sup>B</sup>	0,051	0,016	0,077
	JS	23,60	47,59	35,60 <sup>A</sup>			
	Rataan	21,72	33,03				

Keterangan: <sup>A-B</sup>Superskrip huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $P<0,05$ ) pada faktor Ragi. <sup>a-b</sup>Superskrip pada garis dan kolom menunjukan perbedaan signifikan ( $P<0,05$ )  $S\times R$  = interaksi antara jenis substrat singkong dan substrat ragi. pada faktor ragi dan non ragi. S = pengaruh jenis substrat singkong; R = pengaruh penambahan ragi;; P=probability; JKN : jerami + kulit singkong tanpa ragi S . *cerevisiae*; JKR : jerami + kulit singkong + ragi S . *cerevisiae*; JSN : jerami + singkong tanpa ragi S . *cerevisiae*; JSR : jerami + singkong + ragi S . *cerevisiae*

Hasil ini menunjukkan bahwa substrat berbasis jerami dan kulit singkong (Jk) cenderung menghasilkan media fermentasi yang lebih asam dibanding singkong. Kandungan pati yang tinggi dalam singkong segar lebih mudah diurai oleh mikroba menjadi senyawa organik seperti asam laktat dan asetat, sehingga mempercepat penurunan pH (Liu *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2022) Sebaliknya, kulit singkong memiliki kadar serat kasar dan lignin yang lebih tinggi, sehingga proses fermentasi berlangsung lebih lambat dan tergantung pada aktivitas mikroba fermentatif yang lebih spesifik (Fitriani dan Prasetyo, 2019).

Nilai pH sangat penting dalam proses fermentasi karena memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme, kestabilan enzim, serta jalannya metabolisme mikroba. Oleh karena itu, perubahan nilai pH selama fermentasi dapat menjadi indikator keberhasilan atau efektivitas proses biokonversi substrat lignoselulosa menjadi senyawa bernilai tambah.

Secara biokimia, turunnya pH pada media fermentasi merupakan respons langsung terhadap aktivitas metabolik *S. cerevisiae* dalam mendegradasi karbohidrat sederhana menjadi asam-asam organik, khususnya pada substrat berpati tinggi (Kristiandi *et al.*, 2022) Fermentasi anaerobik menghasilkan akumulasi senyawa seperti asam asetat dan asam laktat yang terlarut dalam media, menurunkan pH dan menciptakan lingkungan asam yang lebih selektif terhadap mikroba pengkontaminasi (Fachrial *et al.*, 2019). Proses ini bukan hanya merefleksikan keberhasilan konversi substrat, tetapi juga menegaskan bahwa kandungan nutrisi awal—dalam hal ini pati dan serat—menentukan arah dan intensitas fermentasi (Zullaikah *et al.*, 2022) Dalam konteks substrat lignoselulosa, keberadaan lignin dan kompleks serat menghambat akses mikroba terhadap komponen fermentabel, sehingga menyebabkan fermentasi lebih lambat dan pH relatif lebih tinggi (Rizqi *et al.*, 2020). Oleh sebab itu, strategi fermentasi yang mempertimbangkan karakteristik substrat akan sangat menentukan efisiensi biokonversi, kestabilan proses, dan kualitas produk akhir fermentasi.

### **Kandungan Protein Kasar**

Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan ( $P < 0,05$ ) dari interaksi jenis substrat singkong dan substrat ragi ( $S \times R$ ) terhadap kandungan protein kasar (PK). Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan atau penurunan nilai PK tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor tunggal, melainkan merupakan hasil dari kombinasi kedua faktor tersebut secara simultan. Menariknya, nilai PK tertinggi ditemukan pada perlakuan JSN, yang secara statistik tidak berbeda nyata dengan JKR dan JKN. Sebaliknya, nilai PK terendah justru terdapat pada perlakuan JSR, yang secara mengejutkan menunjukkan bahwa penambahan ragi tidak selalu berdampak positif terhadap peningkatan kadar protein, terutama pada substrat berpati tinggi. Dalam kondisi fermentasi dengan substrat berpati tinggi seperti singkong, ragi cenderung memetabolisme gula menjadi etanol ketika rasio karbon terhadap nitrogen terlalu tinggi (Adeaga *et al.*, 2024)

Berdasarkan hasil ini, terlihat bahwa penambahan ragi sangat membantu meningkatkan protein kasar pada bahan berserat seperti kulit singkong (JKR = 13%), tetapi tidak selalu berhasil pada bahan berpati tinggi seperti singkong segar. Pada perlakuan JSR, nilai protein justru turun karena fermentasi yang mungkin terlalu cepat atau dominan menghasilkan alkohol dan bukan biomassa mikroba. Hal ini menunjukkan bahwa keseimbangan antara sumber energi (karbon dari singkong) dan nitrogen sangat penting dalam proses pembentukan protein. Penelitian lain seperti oleh (Zeng *et al.*, 2020) juga menemukan bahwa ragi bisa meningkatkan protein kasar secara signifikan jika substratnya tepat. Jadi, untuk mendapatkan hasil fermentasi dengan nilai protein yang tinggi, penting memilih bahan dan cara fermentasi yang sesuai.

Penurunan nilai protein kasar pada JSR dapat dijelaskan secara ilmiah melalui mekanisme metabolik dari *S. cerevisiae*. Dalam kondisi fermentasi dengan substrat berpati tinggi seperti singkong, ragi cenderung memetabolisme gula menjadi etanol ketika rasio karbon terhadap nitrogen terlalu tinggi. Kondisi rasio C/N yang tinggi ini akan mengurangi

laju biodegradasi karena kekurangan nitrogen (Haritash dan Kaushik, 2009), sehingga lebih sedikit energi dan nutrisi yang dialokasikan untuk pembentukan sel baru. Proses ini menyebabkan lebih sedikit energi dan nutrisi yang dialokasikan untuk pembentukan sel baru, sehingga produksi biomassa mikroba yang merupakan sumber utama protein kasar menjadi lebih rendah (Rawoof *et al.*, 2021).

Maka dari itu, pengelolaan fermentasi yang tepat, baik dalam hal pemilihan substrat maupun formulasi nutrisinya, sangat menentukan efektivitas peningkatan kandungan protein kasar pada produk fermentasi. Sejalan dengan penelitian (Widiyastuti dan Purwanti, 2020; Kuhad *et al.*, 2021), yang menyatakan bahwa peningkatan PK setelah fermentasi merupakan cerminan dari keberhasilan biokonversi lignoselulosa menjadi protein mikroba yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

### **Kandungan Protein Sel Tunggal (PST)**

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 2, nilai PST yang dihasilkan berbeda tergantung perlakuan, Secara statistik, jenis substrat singkong memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan PST ( $P < 0,05$ ), sedangkan substrak ragi atau interaksi keduanya tidak berpengaruh signifikan. Pada perlakuan JKN (jerami + kulit singkong tanpa ragi), kandungan PST adalah 19,83 mg/ml, dan sedikit menurun menjadi 18,46 mg/ml saat difermentasi dengan ragi (JKR). Sebaliknya, pada perlakuan JSN (jerami + singkong tanpa ragi), nilai PST mencapai 23,60 mg/ml, dan meningkat drastis hingga 47,59 mg/ml setelah difermentasi dengan ragi (JSR). Rata-rata kandungan PST dari kelompok JS (jerami + singkong) jauh lebih tinggi (35,60 mg/ml) dibandingkan kelompok JK (19,15 mg/ml).

Peningkatan tajam kandungan PST pada perlakuan JSR (47,59 mg/ml) menunjukkan bahwa singkong segar merupakan sumber karbon yang sangat baik untuk pertumbuhan ragi *S. cerevisiae* sehingga mampu memproduksi PST dalam jumlah tinggi. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Nasir *et al.*, 2020; Munawaroh *et al.*, 2021) yang menyatakan bahwa kandungan pati dalam singkong sangat mudah difermentasi menjadi energi untuk sintesis protein oleh ragi. Sementara itu, terjadi penurunan signifikan kandungan PST pada JKR (18,46%) dibanding JSR (47,59%) menunjukkan bahwa kulit singkong yang lebih berserat sehingga tidak efisien dalam mendukung pembentukan PST. Kandungan lignoselulosa dalam kulit singkong menyulitkan proses dekomposisi menjadi senyawa yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme (Kucharska *et al.*, 2018), sehingga produktivitas PST pun menjadi terbatas. Dengan demikian, pemilihan substrat kaya pati seperti singkong menjadi faktor kunci untuk mengoptimalkan hasil fermentasi (Bayitse *et al.*, 2024), terlebih lagi ketika dikombinasikan dengan ragi yang tepat.

Secara biologis, Protein Sel Tunggal (PST) adalah protein yang dihasilkan oleh mikroorganisme seperti ragi, bakteri, atau alga melalui proses fermentasi. Dalam konteks teknologi pakan, PST menjadi indikator penting yang merepresentasikan seberapa efektif mikroorganisme mampu tumbuh, berkembang, dan menghasilkan biomassa yang kaya protein selama fermentasi berlangsung. Keberhasilan fermentasi sangat ditentukan oleh ketersediaan nutrisi, kesesuaian substrat, serta kondisi lingkungan mikroba. Dalam penelitian ini, penggunaan ragi *S. cerevisiae* menunjukkan potensi yang menjanjikan dalam meningkatkan produksi PST, khususnya jika didukung oleh substrat berpati tinggi seperti singkong. Studi sebelumnya oleh (Nasseri *et al.*, 2021; Ahmad *et al.*, 2022) juga menegaskan bahwa PST dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif yang berkualitas tinggi dalam formulasi pakan, mengingat kandungan asam amino esensial dan daya cerna yang baik. Oleh karena itu, keberhasilan peningkatan PST dalam penelitian ini tidak hanya memberikan nilai tambah bagi teknologi pakan fermentasi, tetapi juga membuka peluang besar untuk pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber protein berkelanjutan.

### Kandungan Protein Murni

Hasil pengamatan terhadap kandungan protein murni (PM) ditampilkan pada Tabel 2. Data menunjukkan bahwa kandungan PM cenderung rendah dan tidak mengalami peningkatan nyata setelah proses fermentasi. Secara statistik, tidak terdapat perbedaan yang signifikan baik akibat substrat singkong, ragi dan interaksi keduanya ( $P > 0,05$ ). Fermentasi dengan ragi *S cerevisiae*, yakni hanya menjadi 0,84% pada perlakuan JKR (jerami + kulit singkong + ragi). Hal serupa juga terjadi pada perlakuan JSN (jerami + singkong tanpa ragi) dan JSR (dengan ragi), dengan nilai PM masing-masing 0,72% dan 0,47%. Jika dirata-ratakan berdasarkan keberadaan ragi, bahan tanpa ragi memiliki kandungan PM lebih tinggi (0,84%) dibandingkan dengan bahan yang menggunakan ragi (0,66%).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan ragi dalam tape jerami dan limbah singkong belum berhasil meningkatkan kandungan protein murni secara nyata. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah bahwa sebagian besar peningkatan protein setelah fermentasi merupakan nitrogen non-protein (NPN) sebagai nilai protein kasar, bukan protein murni. Selain itu, ragi mungkin menggunakan nitrogen untuk membentuk senyawa metabolit lain yang bukan protein murni (Putra *et al.*, 2020; Yopi *et al.*, 2021) Penelitian serupa oleh (Adzitey *et al.*, 2019) juga menemukan bahwa fermentasi belum tentu meningkatkan protein sejati bila tidak diimbangi dengan keseimbangan nutrisi dalam substrat.

Substrat jerami padi dan limbah singkong memiliki kandungan serat tinggi dengan rasio C/N yang ekstrem. Ketika karbon berlebih dan nitrogen terbatas, mikroorganisme cenderung menyintesis senyawa nitrogen non-protein sebagai adaptasi metabolik (Peteghem *et al.*, 2022). Dengan beberapa penelitian menunjukkan rasio 20:1 memberikan produksi protein biomassa fungi tertinggi (Sibtain *et al.*, 2010), ketidakseimbangan rasio C/N pada substrat ini membatasi sintesis protein struktural dan menghasilkan fermentasi yang miskin protein sejati namun kaya senyawa nitrogen non-fungsional bagi ternak.

Efektivitas ragi dalam fermentasi bergantung pada ketersediaan nutrisi spesifik seperti vitamin B-kompleks, mineral, dan asam amino esensial sebagai kofaktor sintesis protein mikroba (Cai *et al.*, 2022). Keterbatasan nutrisi menyebabkan pertumbuhan mikroba stagnan dan biomassa berkualitas rendah. Rendahnya protein mikroba pada perlakuan ragi menunjukkan *S. cerevisiae* tidak mampu berkompetisi efektif dengan mikroba liar dalam substrat, mengakibatkan fermentasi suboptimal (Global Seafood Advocate, 2025).

Protein murni adalah fraksi dari protein kasar yang benar-benar berupa protein sejati, bukan nitrogen non-protein seperti amonia atau urea. Nilai protein murni penting untuk diketahui karena menunjukkan berapa banyak protein yang benar-benar dapat dimanfaatkan tubuh ternak untuk pertumbuhan dan metabolisme. Dalam proses fermentasi, idealnya terjadi peningkatan tidak hanya pada protein kasar, tetapi juga pada protein murninya, yang berarti bahwa biomassa mikroba yang terbentuk kaya akan protein sejati dan bukan hanya senyawa nitrogen (Mukarromah *et al.*, 2022; Hermiati *et al.*, 2023).

### Biomassa Mikroba (BM)

Berdasarkan data Tabel 2, terlihat bahwa biomassa mikroba tertinggi dihasilkan pada perlakuan JSR (jerami + singkong + ragi), yang mencapai 4,38 mg/ml. Disusul oleh perlakuan JSN (jerami + singkong tanpa ragi) sebesar 4,02 mg/ml. Kedua perlakuan ini menggunakan substrat utama berupa singkong segar. Sementara itu, perlakuan dengan substrat kulit singkong, yaitu JKR (jerami + kulit singkong + ragi) dan JKN (tanpa ragi), menunjukkan nilai biomassa mikroba yang lebih rendah, masing-masing sebesar 3,84 dan 3,66 mg/ml. Jika dirata-ratakan berdasarkan jenis substrat, kelompok JS (jerami + singkong) menghasilkan biomassa mikroba sebesar 4,20 mg/ml, lebih tinggi dibanding kelompok JK (jerami + kulit singkong) yang hanya 3,75 mg/ml. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa jenis substrat (S

dan R) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap biomassa mikroba ( $P < 0,05$ ), sedangkan interaksinya tidak memberikan pengaruh yang nyata ( $P > 0,05$ ).

Tingginya biomassa mikroba pada perlakuan JSR menunjukkan bahwa singkong segar merupakan substrat yang lebih cocok untuk mendukung pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dibanding kulit singkong. Hal ini dapat dijelaskan oleh kandungan pati yang tinggi dalam singkong segar, yakni mencapai 60–70%, yang jauh lebih besar dibanding kulit singkong yang hanya mengandung pati sekitar 11–20% (Oyeyinka *et al.*, 2019; Daramola *et al.*, 2020; Adeniran *et al.*, 2021). Pati merupakan sumber karbon yang mudah terfermentasi dan menyediakan energi yang cukup bagi mikroorganisme untuk berkembang biak. Energi ini sangat penting bagi mikroba dalam sintesis senyawa protein dan metabolit sekunder lain yang membentuk struktur biomassa. Oleh karena itu, substrat yang kaya pati seperti singkong segar mampu menghasilkan biomassa mikroba lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Munawaroh *et al.*, 2021; Ahmad *et al.*, 2022) yang melaporkan bahwa penggunaan singkong sebagai substrat fermentasi memberikan hasil biomassa lebih besar dibandingkan bahan berserat tinggi seperti kulit singkong, terutama bila digunakan oleh ragi jenis *S. cerevisiae*.

Biomassa mikroba merupakan indikator kuantitatif dari keberhasilan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme selama fermentasi berlangsung. Semakin tinggi biomassa yang terbentuk, semakin banyak populasi mikroorganisme yang berkembang dalam media substrat. Biomassa ini terdiri atas sel mikroba hidup maupun mati, yang secara keseluruhan berfungsi sebagai sumber protein dan senyawa bioaktif penting dalam formulasi pakan ternak (Wina *et al.*, 2018; Barus *et al.*, 2021). Dalam konteks fermentasi jerami dan limbah singkong, tingginya biomassa mikroba mengindikasikan bahwa mikroorganisme berhasil memanfaatkan substrat dengan baik, mengubahnya menjadi bentuk yang lebih bernilai gizi dan lebih mudah dicerna oleh ternak. *S. cerevisiae* yang tumbuh subur akan membentuk struktur sel yang kaya protein, vitamin B-kompleks, enzim, dan polisakarida dinding sel seperti  $\beta$ -glukan dan mannan oligosakarida, yang juga berfungsi sebagai imunostimulan alami (Hadiuzzaman *et al.*, 2022).

Dalam sistem fermentasi, biomassa mikroba tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan total protein, tetapi juga berperan dalam menurunkan komponen antinutrisi dan meningkatkan ketersediaan nutrisi. Substrat yang memiliki kandungan pati tinggi dan rendah serat kasar, seperti singkong segar, memungkinkan fermentasi berlangsung lebih cepat dan efisien (Hastuti, 2012). Hal ini disebabkan karena serat kasar, terutama lignoselulosa pada kulit singkong dan jerami, bersifat sulit didegradasi dan cenderung menghambat kolonisasi mikroba (Simbolon *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pemilihan jenis substrat sangat menentukan hasil fermentasi, termasuk dalam pembentukan biomassa mikroba (Aro, 2008; Juliantoni *et al.*, 2024). Peran ragi dalam hal ini tetap penting, meskipun pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh signifikan secara statistik (Amrullah *et al.*, 2019). Kombinasi substrat berkualitas tinggi dan kondisi fermentasi yang optimal tetap menjadi kunci dalam menghasilkan biomassa mikroba maksimal yang berimplikasi langsung terhadap peningkatan nilai gizi bahan fermentasi (Jaelani *et al.*, 2015).

Biomassa mikroba adalah indikator jumlah mikroorganisme yang tumbuh selama proses fermentasi. Semakin tinggi biomassa mikroba, semakin banyak mikroorganisme yang berhasil berkembang dan berkontribusi terhadap peningkatan kualitas nutrisi bahan. Biomassa ini terdiri atas sel mikroba hidup maupun mati, dan merupakan sumber protein serta faktor nutrisi penting lainnya dalam pakan ternak (Wina *et al.*, 2018; Barus *et al.*, 2021). Dalam fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae*, biomassa mikroba sangat penting karena berperan langsung dalam pembentukan protein sel tunggal (PST) dan peningkatan pencernaan pakan.

### KESIMPULAN

Penelitian tape jerami dan kulit singkong atau singkong dengan *Saccharomyces cerevisiae* meningkatkan kandungan protein sel tunggal dan biomassa mikroba, terutama pada perlakuan jerami, singkong, ragi (JSR). Kombinasi substrat tinggi pati dan penambahan ragi efektif dalam meningkatkan kualitas nutrisi pakan fermentasi.

### KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak manapun terkait materi yang dibahas dalam makalah, pendanaan, dan perbedaan pendapat antar para penulis.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada LPDP yang telah membiayai penelitian ini sebagai bagian dari Program Riset Kemitraan Berdikari 2024-2025 Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke BE, Odedeji SA. 2021. Cassava as a versatile raw material for starch and bioethanol production. *J Clean Prod.* 289:125682.
- Adeniran A, Oyeyinka SA, Ikujeunlola A V. 2021. Nutritional composition and physicochemical properties of starches from cassava peel and pulp. *Starch-Stärke.* 73(3–4):2000148.
- Adzitey F, Rahman MA, Huda N. 2019. Fermentation as a strategy for reducing anti-nutritional factors in plant-based foods. *Fermentation.* 5(4):100.
- Ahmad F, Yusof N, Yusoff WMNH, Hassan MA. 2022. Enhancement of single-cell protein production from lignocellulosic biomass via fermentation. *Bioresour Technol Reports.* 18:101019.
- Ahmed Sibtain, Ahmed Fayyaz, Hashmi Saeed. 2010. Production of Microbial biomass protein by sequential culture fermentation of *Arachniotus* sp. and *Candida utilis*. *Pak J Bot.* 42(2):1225–1234. [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42\(2\)/PJB42\(2\)1225.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42(2)/PJB42(2)1225.pdf)
- Amrullah M, Iskandar Tampoebolon BM, Waluyo Prasetyono B. 2019. Kajian Pengaruh Proses Fermentasi Sekam Padi Amoniasi Menggunakan *Aspergillus Niger* Terhadap Serat Kasar, Protein Kasar, dan Total Digestible Nutrients. *J Pengembangan Penyuluhan Pertanian.* 16(29):25. <https://doi.org/10.36626/jppp.v16i29.64>
- Aro SO. 2008. Improvement in the nutritive quality of cassava and its by-products through microbial fermentation. *African J Biotechnol.* 7(25):4789–4797.
- Barus A, Hutagalung S, Sipayung K. 2021. Potensi biomassa mikroba dari fermentasi limbah pertanian sebagai sumber protein alternatif dalam pakan. *J Ilmu Peternakan Terapan.* 4(1):25–31.
- Bayitse R, Tornyie F, Ali EB. 2024. Food and feed potentials of cassava peels using fermentation technologies. In: *Sustain Cassava: Elsevier*; p. 345–359. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21747-0.00002-3>
- Cai Y, Zhai L, Fang X, Wu K, Liu Y, Cui X, Wang Y, Yu Z, Ruan R, Liu T, Zhang Q. 2022. Effects of C/N ratio on the growth and protein accumulation of heterotrophic *Chlorella* in broken rice hydrolysate. *Biotechnol Biofuels Bioprod.* 15(1):1–11. <https://doi.org/10.1186/s13068-022-02204-z>
- Daramola MO, Adegoke GO, Ogunshe AA. 2020. Nutritional quality of fermented cassava peel meal with yeast and lactic acid bacteria. *African J Biotechnol.* 19(20):1416–1422.

- Fachrial E, Harmileni, Anggraini S. 2019. Pengantar Teknik Laboratorium Mikrobiologi dan Pengenalan Bakteri Asam Laktat. UNPRI PRESS. Medan.
- Fitriani R, Prasetyo J. 2019. Pengaruh jenis substrat terhadap efisiensi fermentasi kulit singkong. *J Teknol Ind Pertan*. 29(2):159–167.
- Griswold KE, Akin DE, Dean JF, Himmel ME. 2003. Biomass-degrading enzymes from microbial consortia: fermentation and extraction. *Biotechnol Bioeng*. 84(5):601–609.
- Hadiuzzaman M, Moniruzzaman M, Shahjahan M, Bai SC, Min T, Hossain Z. 2022.  $\beta$ -Glucan: Mode of Action and Its Uses in Fish Immunomodulation. *Front Mar Sci*. 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.905986>
- Haritash AK, Kaushik CP. 2009. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. *J Hazard Mater*. 169(1–3):1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.137>
- Hastuti S. 2012. Fermentasi Kulit Singkong Dengan Ragi Komersial Untuk Peningkatan Nilai Gizi. *J Rekayasa*. 5(1):61–65. <http://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa>
- Hermiati E, Yopi, Priyanto A. 2023. Enhanced crude and true protein content in agro-waste fermentation with selected yeast strains. *J Sustain Agric*. 45(1):23–32.
- Icharda H. 2011. Analisa kandungan protein sejati pada bahan pakan dengan metode pengendapan TCA. *J Ilmu Ternak*. 12(1):45–51.
- Jaelani A, Widaningsih N, Mindarto E. 2015. Pengaruh Lama Penyimpanan Hasil Fermentasi Pelepah Sawit oleh *Trichoderma* sp terhadap Derajat Keasaman (pH), Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar. *J. Ziraah*. 40(3):232–240.
- Jepri Juliantoni, Anwar Efendi Harahap, Arsyadi Ali, Triani Adelina, Dewi Ananda Mucra, Bakhendri Solfan, Restu Misrianti, Muhamad Rodiallah, Evi Irawati, Eniza Saleh. 2024. Evaluasi Kandungan Nutrien dan Fraksi Serat Pakan Fermentasi Berbahan Dasar Kulit Nanas dan Daun Singkong sebagai Pakan Ruminansia. *J Triton*. 15(1):253–262. <https://doi.org/10.47687/jt.v15i1.639>
- Kavitha M, Leena MM, Selvaraj R. 2020. Effect of pH and temperature on ethanol production using *Saccharomyces cerevisiae*. *J Appl Biol Biotechnol*. 8(2):20–24.
- Kristiandi, Kiki and Lusiana, Sanya Anda and A'yunin, Nur Arifah Qurota and Ramdhini, Rizki Nisfi and Marzuki, Ismail and Rezeki, Sri and Erdiandini, Ira and Yuniarto, Andi Eka and Lestari, Shanti Dwita and Ifadah, Raida Amelia and Kushargina, Rosyanne and Yuniarti, Tatty and Pasanda, Octovianus SR (2021) *Teknologi Fermentasi*. In: *Teknologi Fermentasi*. Yayasan Kita Menulis.
- Kucharska K, Rybarczyk P, Hołowacz I, Łukajtis R, Glinka M, Kamiński M. 2018. Pretreatment of Lignocellulosic Materials as Substrates for Fermentation Processes. *Molecules*. 23(11):2937. <https://doi.org/10.3390/molecules23112937>
- Kuhad RC, Gupta R, Singh A. 2021. Microbial protein: a sustainable protein source for animal feed and human nutrition. *Curr Sustain Energy Reports*. 8(1):13–22.
- Liu X, Zhang Y, Ma Z, Chen H. 2021. Fermentation characteristics of cassava starch by *Saccharomyces cerevisiae*. *Int J Biol Macromol*. 177:239–246.
- Lopes FC, Fraga MS, Fuentesfria AM, Brandelli A. 2016. Nitrogen and phosphorus supplementation in the production of fungal biomass and protein. *Bioresour Technol*. 219:31–38.

- Mukarromah A, Nurhayati T, Suhartono MT. 2022. Improving true protein content in fermented agricultural residues. *Indones J Agric Sci.* 23(3):167–174.
- Munawaroh HSH, Firdaus M, Prasetyo J. 2021. Optimasi fermentasi singkong dengan *Saccharomyces cerevisiae* untuk produksi protein sel tunggal. *J Teknol Has Pertan.* 14(2):87–94.
- Musa JJ, Lawal A, Akinyemi O. 2021. Optimization of cassava waste fermentation to reduce cyanide content. *J Appl Sci Environ Manag.* 25(1):151–157.
- Muthia, D. Ridlla, M. Laconi, E.B. Ridwan, R. Fidriyanto, R. Abdelbagi, M. Harahap, R. P. Jayanegara A. 2021. Research Article. 9(5).
- Nasir NM, Jamaludin MA, Zakaria MR. 2020. Enhanced single-cell protein production from cassava waste by yeast fermentation. *Waste and Biomass Valorization.* 11(12):6755–6764.
- Nasseri AT, Rasoul-Amini S, Morowvat MH, Ghasemi Y. 2021. Single cell protein: production and process. *Biotechnol Adv.* 49:107686.
- Oladosu Y, Rafii MY, Abdullah N, Magaji U, Hussin G, Ramli A, Miah G. 2016. Fermentation techniques in improving nutritional quality of agro-residues as animal feed: a review. *Anim Nutr.* 2(4):253–261.
- Oyeyinka SA, Oyeyinka AT, Adeniran A. 2019. Nutritional and functional properties of fermented cassava peel flour. *Food Sci & Nutr.* 7(10):3580–3587.
- Van Peteghem L, Sakarika M, Matassa S, Rabaey K. 2022. The Role of Microorganisms and Carbon-to-Nitrogen Ratios for Microbial Protein Production from Bioethanol. Bose A, editor. *Appl Environ Microbiol.* 88(22). <https://doi.org/10.1128/aem.01188-22>
- Putra YK, Arief H, Triana T. 2020. Peran ragi dalam produksi protein sejati selama fermentasi limbah organik. *J Teknol Has Ternak.* 15(1):34–41.
- Rawoof SAA, Kumar PS, Vo D-VN, Subramanian S. 2021. Sequential production of hydrogen and methane by anaerobic digestion of organic wastes: a review. *Environ Chem Lett.* 19(2):1043–1063. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01122-6>
- Rizqi FI, Wulandari T, Winarno D. 2020. Optimasi pH fermentasi substrat limbah pertanian dengan *Saccharomyces cerevisiae*. *J Agroindustri.* 10(2):112–120.
- Sarnklong C, Cone JW, Pellikaan W, Hendriks WH. 2017. Utilization of rice straw and comparable fibrous feedstuffs by ruminants: a review. *Anim Feed Sci Technol.* 198:33–48.
- Simbolon N, Iswarin Pujaningsih R, Mukodiningsih S. 2016. Pengaruh berbagai pengolahan kulit singkong terhadap pencernaan bahan kering dan bahan organik secara in vitro, protein kasar dan asam sianida. *J Ilmu-Ilmu Peternak.* 26(1):58–65. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2016.026.01.9>
- Singh A, Patel AK. 2022. Recent advances in microbial protein production and applications: A review. *Bioresour Technol.* 344:126154.
- Sokan-Adeaga AA, R.E.E. Ana G, Olorunnisola AO, Sokan-Adeaga MA, Roy H, Reza MS, Islam MS. 2024. Ethanol production from cassava peels using *Saccharomyces cerevisiae* via ethanologenic fermentation process. *Arab Gulf J Sci Res.* 42(4):1664–1684. <https://doi.org/10.1108/AGJSR-06-2023-0264>
- Sukaryana Y, Subuh M, Nuraini A. 2011. Pengaruh lama fermentasi terhadap peningkatan

- kandungan protein dan penurunan HCN pada singkong. *J Ilmu Ternak*. 11(1):30–36.
- Tung NT, Cuong D V, Van Dung D, Van Ba N. 2016. Enhancing the nutritional quality of rice straw through biological treatments. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 29(5):662–671.
- Widiyastuti Y, Purwanti E. 2020. Pemanfaatan limbah fermentasi sebagai sumber protein alternatif. *J Peternak Nusant*. 6(2):89–96.
- Wina E, Suharti S, Setyowati A. 2015. Peningkatan kandungan protein dalam jerami dan singkong fermentasi. *J Ilmu Ternak dan Vet*. 20(4):234–240.
- Wina E, Suharti S, Yulistiani D. 2018. Biomassa mikroba sebagai sumber protein dalam pakan fermentasi. *J Teknol Peternak*. 11(3):130–138.
- Wood IP, Cao HG, Tran L, Cook N, Ryden P, Wilson DR, Moates GK, Collins SRA, Elliston A, Waldron KW. 2016. Comparison of saccharification and fermentation of steam exploded rice straw and rice husk. *Biotechnol Biofuels*. 9(1):1–9. <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0599-6>
- Yopi, Nurhayati T, Priyanto A. 2021. Evaluasi kandungan protein sejati pada pakan hasil fermentasi. *J Ilmu Peternak Indones*. 23(1):57–64.
- Zeng R, Ma X, Wang L, Li X. 2020. Yeast fermentation on different substrates and effects on crude protein content. *Microb Cell Fact*. 19(1):56.
- Zhang J, Yang H, Wang Y. 2022. Organic acid production during cassava fermentation and its role in pH dynamics. *Food Chem*. 370:130990.
- Zullaikah S, Pramujati B, Prasetyo EN, Jannah A, Wicaksono ST, Nikmah H, Haryanto H, Wardhana AGS, Prakoso A, Mujiburrosyid A, et al. 2022. Teknologi Pembuatan Pakan Konsentrat Sapi Potong Sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) Berbasis Limbah Pertanian. *Sewagati*. 6(5). <https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i5.398>