
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KAPANG DAN KHAMIR PADA EKOENZIM CAMPURAN FESES SAPI POTONG DAN JERAMI PADI PADA LAMA FERMENTASI YANG BERBEDA

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FUNGI AND YEASTS IN THE ECO- ENZYMES MIXTURES OF BEEF CATTLE FECES AND RICE STRAW AT DIFFERENT FERMENTATION TIMES

Received : July 26th 2024

Accepted : Aug 05th 2024

Riisyafa Ayuna Faikar¹

Eulis Tanti Marlina*²

Yuli Astuti Hidayati²

¹Program Studi Ilmu Peternakan,
Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

²Departemen Teknologi Hasil
Peternakan, Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

*Korespondensi:

Eulis Tanti Marlina

Departemen Teknologi Hasil
Peternakan, Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

Jalan Ir. Soekarno Km.21,
Jatinangor – Kabupaten
Sumedang,
Jawa Barat

e-mail:

eulis.tanti@unpad.ac.id

*Abstract, Eco-enzymes is a fermentation product derived from organic waste in anaerobic facultative conditions containing extracellular enzymes and microbes. This study aims to determine the population size and characteristics of fungi and yeasts during the production process of eco-enzymes from a mixture of beef cattle feces and rice straw at different fermentation durations. This study used an experimental method using a Completely Randomized Design (CRD), with 4 treatment duration: 7 days, 14 days, 21 days, and 28 days, each treatment was repeated 5 times. Using a descriptive method, the population data of fungi and yeasts were analyzed using ANOVA and Tukey's test. In contrast, the identification of fungi and yeasts was based on colony morphology, both macroscopically and microscopically. The results showed that the population size of fungi and yeasts in the eco-enzymes fermentation process with different fermentation durations showed a significant effect ($P < 0.05$). A fermentation duration of 21 days (P3) resulted in the highest fungi population, whereas a duration of 28 days (P4) resulted in the highest yeast population. The isolation of fungi results obtained 5 isolates, including the genera *Aspergillus*, *Acrophialophora*, and *Mucor*, while yeast isolation results obtained 7 isolates, including *Saccharomyces*, *Pichia*, and *Debaryomyces*.*

Keywords: *Beef cattle feces, Eco-enzyme, Fungi, Rice straw, Yeasts*

Sitasi:

Faikar R.A, Marlina E. T. & Hidayati Y. A. (2024). Isolasi dan Identifikasi Kapang dan Khamir pada Ekoenzim Campuran Feses Sapi Potong dan Jerami Padi pada Lama Fermentasi yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 5(2):19-38.

PENDAHULUAN

Usaha pemeliharaan sapi potong setiap tahun mengalami peningkatan sehingga produksi feses pun meningkat. Pada tahun 2020 populasi sapi

potong di Jawa Barat berjumlah 392.590 ekor, tahun 2021 berjumlah 415.141 ekor, dan pada tahun 2022 berjumlah 424.459 ekor (BPS, 2022). Sapi potong dapat memproduksi feses segar sekitar

8-15 kg/ekor/hari dengan berat kering (BK) 20 persen atau 2,9 – 5,5 ton/tahun (Nenobesi, dkk. 2017). Feses sapi potong mengandung bahan organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Populasi sapi potong yang terus meningkat menyebabkan feses sapi potong perlu dimanfaatkan secara bijak, dengan mengolah menjadi produk yang berguna, salah satunya adalah ekoenzim. Ekoenzim merupakan suatu senyawa organik kompleks yang dihasilkan dari rantai protein (enzim), asam organik, dan garam mineral dari proses fermentasi limbah sayuran dan kulit buah. Ekoenzim berguna sebagai anti-mikroba, agen insektisida, dan agen pembersih (Vama & Cherekar, 2020). Kandungan enzim pada ekoenzim seperti lipase, tripsin, dan amilase berfungsi untuk membunuh bakteri patogen (Rochyani, dkk. 2020). Enzim-enzim tersebut dapat diproduksi dari mikroorganisme yang dapat tumbuh pada media substrat feses sapi potong. Bahan organik pada substrat diuraikan pada proses pengomposan dengan syarat, yaitu: adanya mikroorganisme, nisbah C/N, kadar air, dan oksigen. Nisbah C/N feses sapi potong lebih rendah dari persyaratan yaitu 15,43 sehingga perlu dicampur dengan bahan organik dengan nisbah C/N yang tinggi, yaitu jerami padi (Pratama, 2016). Penambahan jerami padi dilakukan untuk menghasilkan nisbah C/N yang sesuai, adapun nisbah C/N yang optimal berkisar antara 25-35 (Badruzzaman, dkk. 2016; Marlina, dkk. 2020).

Enzim yang dihasilkan dalam ekoenzim merupakan hasil metabolisme mikroorganisme bakteri, kapang, dan khamir. Selama proses fermentasi akan mengaktifkan mikroorganisme yang dapat mengubah sifat bahan hingga mendapatkan produk fermentasi yang bermanfaat. Proses fermentasi melibatkan pemecahan senyawa kompleks, menjadi zat yang lebih sederhana, seperti karbon dioksida (CO₂) dan alkohol. Mikroorganisme melakukan fermentasi membutuhkan energi yang didapatkan dari glukosa yang terdapat pada molases (Viza, 2022). Proses fermentasi tersebut berlangsung secara anaerob fakultatif dan mikroorganisme aktif ketika proses fermentasi berlangsung akan terseleksi sesuai dengan lingkungan yang mendukung pertumbuhannya (Gaspersz & Fitrihidajati, 2022).

Fermentasi ekoenzim erat kaitannya dengan aktivitas kapang dan khamir. Kapang mengurai karbohidrat, selulosa, dan hemiselulosa (Mahdia, dkk. 2022), sedangkan khamir memetabolisme gula menjadi produk volatil (alkohol, ester, dan asam lemak) dan produk non-volatil (asam malat). Spesies khamir yang umum terlibat dalam fermentasi alkohol yaitu *Kloekera*, *Hansenula*, *Candida*, *Saccharomyces*, dan *Pichia* (Sopandi & Wardah, 2014). Meskipun lambat, khamir dapat tumbuh dengan baik pada kondisi fermentasi yang bersifat anaerob (Afliani, dkk. 2015). Semakin lama waktu fermentasi, kandungan etanol akan semakin tinggi yang kemudian akan menghambat pertumbuhan

khamir (Azizah, dkk. 2012). Selama fermentasi keasaman pada ekoenzim menjadi media tumbuh yang sempurna untuk khamir sehingga mempengaruhi pertumbuhan khamir (Emmawati, dkk. 2020). Semakin bertambahnya waktu akan menurun pula jumlah khamir secara perlahan karena kadar gula yang menurun pula secara perlahan (Fifendy, dkk. 2013). Pada kapang, semakin tinggi dosis molases mempengaruhi nutrisi karbon yang cukup banyak tersedia untuk sintesis enzim selulase dan semakin lama fermentasi jumlah kapang semakin tinggi karena kesempatan kapang untuk memperbanyak sel sehingga jumlah sel yang diproduksi lebih tinggi (Saparianti, dkk. 2012). Lama fermentasi ekoenzim akan mempengaruhi populasi kapang dan khamir serta jenis kapang dan khamir yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap jumlah populasi kapang, khamir dan jenis kapang, khamir yang dominan tumbuh pada proses fermentasi ekoenzim yang berasal dari campuran feses sapi potong dan jerami padi.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk parameter jumlah populasi kapang dan khamir, sedangkan metode deskriptif untuk identifikasi kapang dan khamir. Penelitian ini terdiri dari 4 perlakuan yaitu P1 dengan lama fermentasi 7 hari, P2 dengan lama fermentasi 14 hari, P3 dengan lama fermentasi 21 hari, dan P4

dengan lama fermentasi 28 hari, di mana setiap perlakuan dilakukan sebanyak 5 kali ulangan. Peubah yang diamati yaitu jumlah populasi kapang, jumlah populasi khamir. Jenis kapang dan khamir yang diamati secara makroskopis dan mikroskopis.

1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan ekoenzim adalah feses sapi potong segar, jerami padi, air, dan molases. Persiapan sampel dilakukan dekomposisi awal selama 7 hari dengan nisbah C/N 30, selanjutnya dekomposisi dikeringkan hingga mencapai kadar air $\pm 20\%$. Tahap selanjutnya ekstraksi dan filtrasi hasil dekomposisi kering dengan air panas bersuhu 30-35°C. Filtrat kental yang didapatkan dari hasil ekstraksi kemudian ditambahkan molasses 7,5% kemudian dilakukan fermentasi secara anaerob fakultatif. Bahan yang digunakan dalam analisis isolasi dan identifikasi kapang dan khamir adalah *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Malt Extract Agar* (MEA), antibiotik *kloramfenikol*, NaCl fisiologis 0,9%, *methylene blue*, aquades, *imersi oil*, alkohol 70%, alkohol 95%, dan spiritus.

2. Variabel yang diamati

2.1 Jumlah Kapang

Jumlah kapang selama proses pembuatan ekoenzim dihitung menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan cara *pour plate* pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Tahapannya yaitu dengan memasukkan 1 ml sampel dengan mikropipet 1000 μl ke dalam 9 ml NaCl 0,9%

sebagai pengenceran 10^{-1} . Sebanyak 1 ml suspensi dari pengenceran 10^{-1} diambil untuk diinokulasikan ke dalam cawan petri secara *pour plate* menggunakan media PDA sebagai nutrisi pertumbuhan kapang. Cawan yang telah berisi suspensi dan media diinkubasi selama 72 jam – 120 jam pada suhu 25°C . Koloni kapang yang dihitung berjumlah antara 30 – 300 koloni dan dihitung menggunakan *colony counter*. Jumlah koloni yang tumbuh dihitung berdasarkan rumus (Sukmawati & Fahrizal, 2018) yaitu:

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n_1) - (0,1 \times n_2)] \times d}$$

Keterangan :

N = Jumlah koloni bakteri / kapang per gram (Cfu/gram)

$\sum C$ = Jumlah koloni semua cawan yang dihitung (30 – 300)

n_x = Jumlah cawan pengenceran x yang dihitung

d = Pengenceran terkecil yang dapat dihitung

2.2 Jumlah Khamir

Jumlah khamir selama proses pembuatan ekoenzim dihitung menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan cara *spread plate* pada media *Malt Extract Agar* (MEA). Tahapannya yaitu dengan memasukkan 1 ml sampel dengan mikropipet 1000 μl kedalam 9 ml NaCl 0,9% sebagai pengenceran 10^{-1} dan dihomogenkan menggunakan *vortex*, kemudian mengambil 1 ml dari hasil pengenceran 10^{-1} dan dengan langkah yang sama diulangi hingga pengenceran 10^{-3} . Sebanyak 15 ml media MEA ditambahkan ke dalam

cawan petri, didiamkan hingga membeku, dan 0,1 ml sampel dari ingineran 10^{-3} menggunakan mikropipet 100 μl diinokulasikan pada media. Cawan yang telah berisi suspensi dan media diinkubasi selama 72 jam pada suhu 25°C . Koloni khamir yang dihitung berjumlah antara 30 – 300 koloni dan dihitung menggunakan *colony counter*. Jumlah koloni yang tumbuh dihitung berdasarkan rumus (Sukmawati & Fahrizal, 2018) yaitu:

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n_1) - (0,1 \times n_2)] \times d}$$

Keterangan :

N = Jumlah koloni bakteri / kapang per gram (Cfu/gram)

$\sum C$ = Jumlah koloni semua cawan yang dihitung (30 – 300)

n_x = Jumlah cawan pengenceran x yang dihitung

d = Pengenceran terkecil yang dapat dihitung

2.3 Isolasi dan Identifikasi Kapang dan Khamir

Proses isolasi kapang dan khamir dilakukan untuk mendapatkan isolat murni yang dipilih dengan cara memilih koloni yang tumbuh secara dominan dan memiliki ciri morfologi koloni yang berbeda dari koloni lainnya. Pada kapang menggunakan isolat yang telah tumbuh pada media TPC sebelumnya dan isolasi khamir dilakukan dengan cara menginokulasi kembali koloni khamir yang telah tumbuh pada media TPC sebelumnya menggunakan ose yang telah steril pada media MEA yang baru kemudian di streak 4 kuadran hingga terlihat 1 koloni.

2.4 Identifikasi Kapang

Kapang diidentifikasi secara makroskopis dengan melihat morfologi isolat secara langsung meliputi: warna koloni, tekstur koloni, zonasi, *growing zone*, *exudate drop* dan warna sebalik koloni dan secara mikroskopis dengan metode *slide culture* meliputi: pengamatan konidia, hifa, konidiofor, vesikula, metula, dan fialid (Riadi, dkk. 2021). Metode *slide culture* dilakukan dengan cara meneteskan media PDA secukupnya menggunakan pipet tetes ke permukaan *object glass* kemudian kapang diinkulasikan pada medium, ditutup menggunakan *cover glass*, diinkubasi selama 3-5 hari, dan diamati di bawah mikroskop pembesaran 10×40. Identifikasi kapang tingkat genus dilakukan dengan metode *profile matching* (Riadi, dkk. 2021) yaitu membandingkan karakter morfologi makroskopis dan mikroskopis pada beberapa buku identifikasi kapang antara lain *Morphology and Taxonomy of Fungi* (Bessey, 1950), *Fungi: Identification* (Humber, 1997), dan hasil penelitian terkait.

2.5 Identifikasi Khamir

Khamir diidentifikasi secara makroskopis dengan melihat morfologi isolat secara langsung meliputi: pengamatan warna, tekstur, tepi, permukaan, dan profil koloni (Shofiana, dkk 2015) dan secara mikroskopis yang mencakup pengamatan sel khamir, termasuk bentuk sel, *budding* (pertunasan), dan keberadaan hifa atau *pseudohifa* (Sari, dkk. 2016). Khamir yang akan diamati di bawah mikroskop dilakukan metode

pewarnaan menggunakan *methylene blue* untuk melihat bentuk sel (Sari, 2024). *Osse* disterilkan di atas api bunsen, hasil pemurnian khamir diletakkan di atas *object glass* kemudian difiksasi. Ditetesi *methylene blue* secara merata kemudian dibilas dengan akuades, dikeringkan, dan difiksasi. Tambahkan imersi oil dan diamati di mikroskop dengan perbesaran 10×40 dan 10×100 agar hasil lebih jelas. Identifikasi khamir berdasarkan karakter morfologi isolat khamir dicocokkan dengan kunci genus (Kurtzman, dkk 2011).

2.6 Analisis Statistik

Data jumlah populasi kapang dan khamir yang didapatkan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dan Uji Tukey apabila terdapat perlakuan yang berbeda nyata terhadap variabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Jumlah Kapang Selama Proses Fermentasi Ekoenzim

Jumlah kapang pada proses fermentasi ekoenzim yang berasal dari campuran feses sapi potong dan jerami padi dengan lama waktu fermentasi yang berbeda dengan nisbah C/N 30 dan dosis molases 7,5% disajikan pada Tabel 1.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu fermentasi menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kapang ($P < 0,05$) dalam ekoenzim yang dihasilkan dari campuran feses sapi potong dan jerami padi. Tabel 1. Memperlihatkan kisaran jumlah populasi kapang selama proses fermentasi ekoenzim dari setiap perlakuan yaitu

Tabel 1. Rata-Rata Jumlah Kapang pada Proses Fermentasi Ekoenzim

Perlakuan	Lama Fermentasi	Total Kapang
	hari	$\times 10^1$ CFU/ml
P4	28	$117,83 \pm 20,53^b$
P3	21	$31,3 \pm 25,02^a$
P2	14	$25,0 \pm 19,38^a$
P1	7	$5,6 \pm 14,62^a$

Keterangan: Notasi yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey HSD taraf nyata 5%

lama fermentasi 7 hari (P1) berkisar $0,5 \times 10^1$ sampai 19×10^1 CFU/ml, lama fermentasi 14 hari (P2) berkisar $6,5 \times 10^1$ sampai 60 CFU/ml, lama fermentasi 21 hari (P3) berkisar $1,5 \times 10^1$ sampai 133×10^1 CFU/ml, dan lama fermentasi 28 hari (P4) berkisar 80 sampai $159,5 \times 10^1$ CFU/ml.

Dilanjutkan Uji Tukey untuk melihat perbedaan dari tiap perlakuan. Hasil dari Uji Tukey dapat dijelaskan bahwa perbedaan tiap perlakuan menunjukkan bahwa lama fermentasi 7 hari (P1) dengan lama fermentasi 14 hari (P2) dan lama fermentasi 21 hari (P3) menghasilkan total kapang yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$), sedangkan lama fermentasi 7 hari (P1) dengan lama fermentasi 28 hari (P4) menghasilkan total kapang yang berbeda nyata ($P < 0,05$). Lama fermentasi 14 hari (P2) dengan lama fermentasi 21 hari (P3) menghasilkan total kapang yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$), sedangkan lama fermentasi 14 hari (P2) dengan lama fermentasi 28 hari (P4) dan lama fermentasi 21 hari (P3) dengan lama fermentasi 28 hari (P4) menghasilkan total kapang yang berbeda nyata ($P < 0,05$).

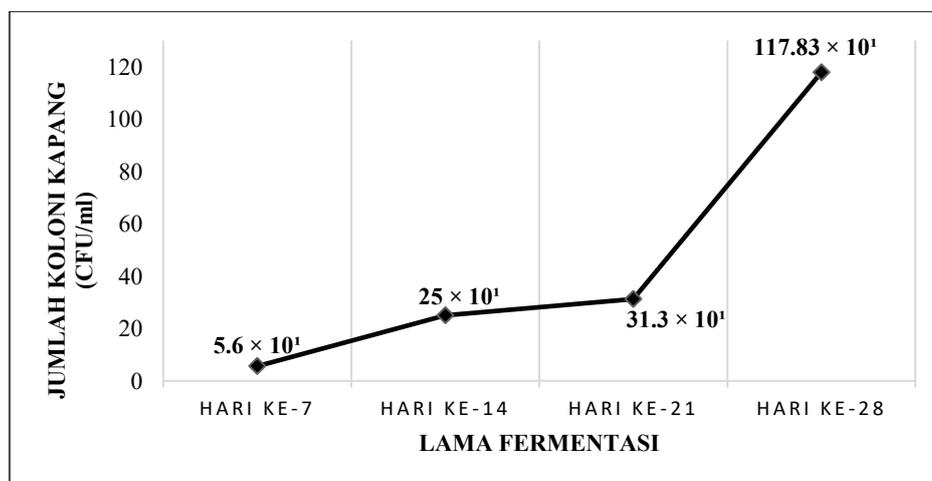
Menurut Wiraputra, dkk. (2020), semakin meningkat lama waktu fermentasi, maka dalam proses fermentasi tersebut akan terjadi pertumbuhan mikroba, aktifnya enzim-enzim, kemudian terjadi reaksi pencoklatan enzimatik yang ditandai ketika fermentasi terjadi peningkatan suhu serta munculnya gelembung-gelembung saat proses fermentasi. Peningkatan total kapang selama waktu fermentasi ekoenzim dipengaruhi oleh beberapa faktor. Kapang tumbuh dengan memanfaatkan komponen selulosa dan hemiselulosa sebagai sumber karbon, kapang akan mendegradasi komponen lignin kemudian diikuti dengan komponen selulosa (Yakin & Mulyono, 2017). Menurut Safitri, dkk. (2011), pertumbuhan koloni kapang dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu nutrisi dalam bentuk hara (karbon, nitrogen, fosfor, kalsium, dan kalium), temperatur tumbuh dengan suhu optimum $25^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$, pH di kisaran 3 - 7, suplai oksigen yang cukup, dan substrat medium. Kondisi ekoenzim yang asam dengan pH 3,4 - 3,6 ketika fermentasi menyebabkan total kapang terus meningkat. Kondisi asam tersebut dimanfaatkan oleh ka-

pang untuk tumbuh dan berkembang biak sehingga kapang terus meningkat selama fermentasi (Emmawati, dkk. 2020). Kapang memiliki pH optimum antara 5 – 7 dan dapat tumbuh di pH antara 3 – 8,5. Suhu ekoenzim pun ideal untuk pertumbuhan kapang, karena suhu berkisar antara 24 - 26°C.

Pada Ilustrasi 1. terlihat kurva pertumbuhan diketahui bahwa kapang tersebut mengalami fase awal yang merupakan fase adaptasi (*lag*), ketika fase *lag* kapang berada dalam tahap penyesuaian terhadap lingkungan yang baru. Terlihat pada kurva kapang mengalami fase adaptasi pada hari ke-7 hingga hari ke-21 dengan rerata koloni mencapai $31,3 \times 10^1$ CFU/ml. Pada hari ke-28 kapang yang tumbuh mencapai titik puncak pertumbuhan akibat pertumbuhan secara terus-menerus dengan jumlah rerata koloni mencapai $117,83 \times 10^1$ CFU/ml.

Pertumbuhan yang meningkat tersebut dikarenakan kapang tersebut masuk ke dalam fase kedua yaitu fase logaritma (eksponensial) setelah fase adaptasi. Menurut Safitri, dkk. (2011), ketika kapang sedang mengalami fase logaritma (log/eksponensial) ditandai dengan pertumbuhan sel-sel kapang secara terus menerus.

Menurut Payitno, dkk. (2014), mikroba yang dipindahkan pada suatu medium pertama-tama akan mengalami fase adaptasi yang lamanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni medium dan lingkungan pertumbuhan serta jumlah inokulum. Pada fase adaptasi, mikroba melakukan sintesis enzim pada substrat yang diperlukan untuk pertumbuhan lebih lanjut. Mikroba yang tumbuh memerlukan waktu untuk beradaptasi di lingkungan barunya sebelum sel-selnya memperbanyak diri atau kapang tersebut akan membentuk enzim baru terlebih dahulu untuk memecah substrat yang baru tersebut (Safitri, dkk. 2011).



Ilustrasi 1. Grafik Kurva Pertumbuhan Kapang Selama Proses Fermentasi Ekoenzim

Berdasarkan kurva pertumbuhan kapang yang berasal dari fermentasi ekoenzim campuran feses sapi potong dan jerami padi yang terdapat pada Ilustrasi 1. diketahui bahwa pertumbuhan optimal kapang terjadi pada P4 atau ketika hari ke-28. Kurva pertumbuhan kapang pada fermentasi ekoenzim tersebut menunjukkan bahwa kapang-kapang tersebut membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai titik puncak (fase eksponensial dengan jumlah rerata koloni $117,83 \times 10^1$ CFU/ml.

Kapang yang terbentuk bersumber dari bahan-bahan yang digunakan selama proses pembuatan ekoenzim, yaitu jerami padi, feses sapi potong, dan molases. Penambahan molases pada larutan ekoenzim dapat menyediakan nutrisi untuk pertumbuhan kapang sehingga menyebabkan populasi kapang semakin tinggi. Hal ini diperkirakan karena kandungan gula atau sukrosa dalam molases membuat kapang bermetabolisme dengan baik dan molases tersebut menjadi sumber energi bagi kapang. Menurut Sri Rizki & Syafrina Sari Lubis (2021), fermentasi yang mengandung nutrisi lengkap salah satunya kadar gula tertentu seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, dan karbohidrat, serta protein, lemak maupun mineral merupakan media yang baik bagi bakteri, kapang, maupun khamir untuk tumbuh.

2. Jumlah Khamir Selama Proses Fermentasi Ekoenzim

Jumlah populasi khamir pada proses fermentasi ekoenzim yang berasal dari campuran feses sapi potong dan jerami padi dengan lama waktu fermentasi yang berbeda dengan nisbah C/N 30 dan dosis molases 7,5% disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu fermentasi 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan dosis molases masing-masing 7,5% menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah populasi khamir ($P < 0,05$) dalam ekoenzim yang dihasilkan dari campuran feses sapi potong dan jerami padi. Tabel 2. Memperlihatkan kisaran jumlah populasi khamir selama proses fermentasi ekoenzim dari setiap perlakuan yaitu lama fermentasi 7 hari (P1) berkisar 4×10^3 sampai 35×10^3 CFU/ml, lama fermentasi 14 hari (P2) berkisar 23×10^3 sampai 76×10^3 CFU/ml, lama fermentasi 21 hari (P3) berkisar 46×10^3 sampai 110×10^3 CFU/ml, dan lama fermentasi 28 hari (P4) berkisar 20×10^3 hingga 68×10^3 CFU/ml.

Dilanjutkan Uji Tukey untuk melihat perbedaan dari tiap perlakuan. Hasil dari uji lanjut Tukey pada Tabel 2. dapat dijelaskan bahwa perbedaan tiap perlakuan menunjukkan lama fermentasi 7 hari (P1) dengan lama fermentasi 14 hari (P2) dan 28 hari (P4) menghasilkan total kapang yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Sedangkan lama fermentasi 7 hari (P1) dengan lama fermentasi 21 hari (P3)

Tabel 2. Rata-Rata Jumlah Khamir pada Proses Fermentasi Ekoenzim

Perlakuan	Lama Fermentasi	Total Khamir
	... hari $\times 10^3$ CFU/ml
P3	21	80,6 \pm 25,02 ^b
P4	28	39,67 \pm 20,53 ^a
P2	14	39,2 \pm 19,38 ^a
P1	7	16,6 \pm 14,62 ^{ab}

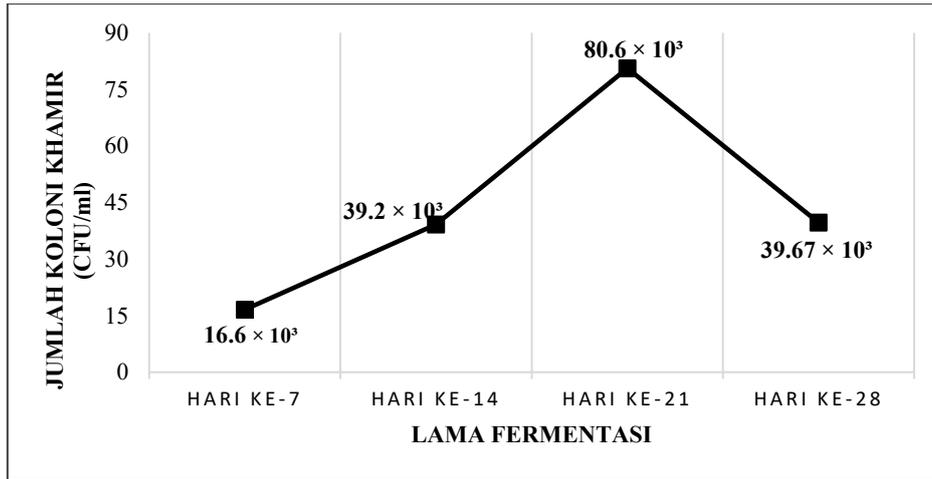
Keterangan: Notasi yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Tukey HSD dengan taraf nyata 5%

menghasilkan total kapang yang berbeda nyata ($P < 0,05$). Lama fermentasi 14 hari (P2) dengan lama fermentasi 21 hari (P3) dan lama fermentasi 28 hari (P4), dan lama fermentasi 21 hari (P3) dengan lama fermentasi 28 hari (P4) menghasilkan total kapang yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

Khamir tumbuh dengan memanfaatkan substrat tertentu seperti gula untuk melakukan proses fermentasi. Pada proses fermentasi, metabolisme khamir bersifat fermentatif yaitu khamir tersebut melakukan fermentasi alkohol. Khamir yang dapat melakukan fermentasi alkohol dapat memecah glukosa melalui jalur glikolisis (Anggraeni & Rosida, 2023). Menurut Anggraeni & Rosida (2023), semakin lama waktu fermentasi maka jumlah khamir yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan energi yang digunakan oleh khamir untuk tumbuh dan berkembang biak semakin banyak dengan fermentasi yang semakin lama.

Pada Ilustrasi 2. Kurva pertumbuhan khamir diawali dengan fase adaptasi (*lag*), dapat diartikan bahwa khamir tersebut sedang berada dalam tahap penyesuaian terhadap lingkungan yang baru, khamir mengalami fase adaptasi pada hari ke-7 hingga hari ke-14 dengan rerata koloni mencapai $39,2 \times 10^3$ CFU/ml. Pada hari ke-21 khamir yang tumbuh mencapai titik puncak pertumbuhan akibat pertumbuhan secara terus menerus dengan jumlah rerata koloni mencapai $80,6 \times 10^3$ CFU/ml. Pertumbuhan koloni khamir yang meningkat tersebut dikarenakan khamir tersebut masuk ke dalam fase selanjutnya yaitu fase logaritma (eksponensial) setelah fase adaptasi.

Terakhir setelah mengalami fase logaritma (eksponensial), pada hari ke-28 khamir mengalami fase stasioner yang kemudian diikuti dengan fase penurunan jumlah koloni dengan rerata koloni mencapai $39,67 \times 10^3$ CFU/ml. Menurut Rohman, dkk. (2019), khamir akan terus tumbuh hingga tahap jenuh dimana jumlah makanan yang ada akan sama dengan jumlah sel khamir,



Ilustrasi 2. Grafik Kurva Pertumbuhan Khamir

akibatnya perbanyak sel tidak dilakukan kembali. Khamir yang tidak melakukan perbanyak sel kembali dinamakan kondisi stasioner yang kemudian akan berubah menjadi kematian yang dapat dipercepat jika masa fermentasi semakin panjang, dimana fermentasi akan menurunkan pH ekoenzim, meningkatkan produksi gas CO_2 sehingga khamir tidak tumbuh.

Berdasarkan kurva pertumbuhan khamir yang berasal dari fermentasi ekoenzim campuran feses sapi potong dan jerami padi yang terdapat pada Ilustrasi 2. diketahui bahwa pertumbuhan optimal khamir terjadi pada P3 atau ketika hari ke-21. Kurva pertum-

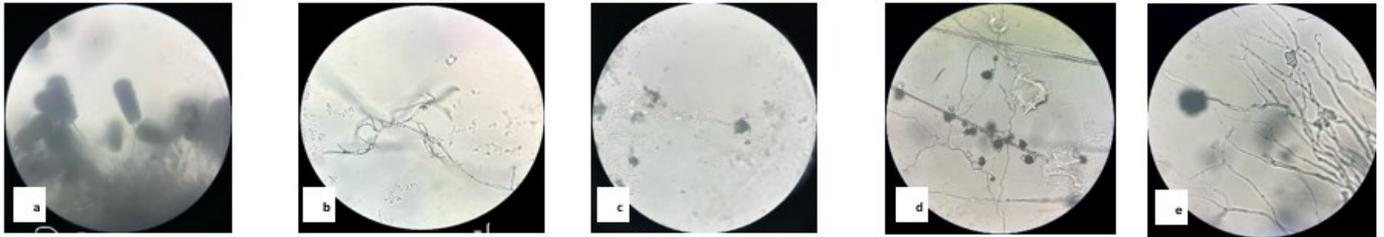
buhan khamir pada fermentasi ekoenzim tersebut menunjukkan bahwa khamir tersebut membutuhkan waktu cukup lama untuk mencapai titik puncak (fase eksponensial dengan jumlah rerata koloni $80,6 \times 10^3$ CFU/ml.

3. Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Kapang pada Proses Fermentasi Ekoenzim

Hasil identifikasi kapang pada proses fermentasi ekoenzim diperoleh 5 isolat kapang dengan kode isolat P1U5, P2U2a, P2U2b, P2U4, dan P3U3. Pemurnian isolat kapang menggunakan pengenceran 10^{-1} . Tabel 3. menjelaskan karakteristik makroskopis dan mikroskopis kapang pada proses fermentasi ekoenzim.



Ilustrasi 3. Morfologi makroskopis koloni isolat kapang pada media PDA
a. P1U5; b. P2U2a; c. P2U2b; d. P2U4; e. P3U3



Ilustrasi 4. Karakteristik mikroskopis koloni isolat kapang (perbesaran 400x)
 a. P1U5; b. P2U2b; c. P2U2b; d. P2U4; e. P3U3

Tabel 3. Karakterisasi isolat kapang kode P1U5, P2U2a, P2U2b, P2U4, dan P3U3

Karakter	Kode Isolat				
	P1U5	P2U2a	P2U2b	P2U4	P3U3
Karakter morfologi koloni					
Bentuk	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler
Elevasi	<i>Umbonate</i>	<i>Raised</i>	<i>Umbonate</i>	<i>Raised</i>	<i>Umbonate</i>
Warna permukaan	Hitam keabuan	Putih	Cokelat keorenan	<i>Pale grey</i>	<i>Cedar green</i>
Warna sebalik koloni	Hitam pucat	Putih pucat	Putih	<i>Greyish</i>	Ebony
Tekstur	Beludru	Beludru	Beludru	<i>Cottony</i>	Beludru
Zonasi	-	-	+	-	+
<i>Growing zone</i>	-	-	+	-	+
Karakter mikroskopis					
Hifa	Bersepta	Bersepta	Bersepta	Tidak bersepta	Bersepta
Rhizoid	-	-	-	-	-
Tipe konidiofor/ sporangiofor	Tunggal	Bercabang	Tunggal	Bercabang	Tunggal
Dinding konidiofor/ sporangiofor	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus
Vesikel/ kolumela	<i>Cylindrical</i>	-	<i>Globose to subglobose</i>	<i>Globose</i>	<i>Globose</i>
Fialid	<i>Uniseriate</i>	<i>Echinulate</i>	<i>Biseriate</i>	-	<i>Uniseriate</i>
Bentuk konidia/ sporangium	Silindris	<i>Long chains, ellipsoid</i>	Semi bulat	Bulat	Bulat

Keterangan: (+) = terdapat

(-) = tidak terdapat

a: isolat 1 dari cawan P2U2

b: isolat 2 dari cawan P2U2

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap kelima isolat kapang yang berasal dari fermentasi ekoenzim asal fezes sapi potong dan jerami padi didapatkan tiga genus kapang yang dominan hidup, yaitu *Aspergillus* (P1U5, P2U2b, dan P3U3), *Acrophialophora* (P2U2a), dan *Mucor* (P2U4).

Isolat P1U5, P2U2b, dan P3U3 memiliki karakteristik morfologi koloni yang hampir sama. Morfologi makroskopis ketiga koloni kapang menunjukkan ciri koloni berbentuk sirkuler, elevasi *umbonate*, dan tekstur seperti beludru. Koloni kapang genus *Aspergillus* yang ditemukan pada penelitian ini memiliki warna koloni berwarna hitam keabuan (P1U5), cokelat keorenan (P2U2b), dan *cedar green* (P3U3) dengan warna sebalik koloni hitam pucat (P1U5), putih (P2U2b), dan *ebony* (P3U3). Isolat P1U5 tidak tampak adanya zonasi dan *growing zone*, sementara isolat P2U2b dan P3U3 ditemukan adanya zonasi dan *growing zone* pada koloni kapang. Hidayat & Isnawati (2021) mendeskripsikan bahwa genus *Aspergillus* pada media PDA memiliki ciri makroskopis bertekstur seperti beludru, elevasi *umbonate*, dan warna koloni berbeda-beda seperti ditemukan berwarna hitam, hijau muda, cokelat kekuningan, hijau kekuningan, abu-abu kehijauan, dan hijau.

Karakteristik mikroskopis ketiga isolat kapang genus *Aspergillus* dicirikan secara umum memiliki hifa berseptata dengan vesikel berbentuk bulat atau semi bulat, fialid termasuk *uniseriate* (P1U5 dan P3U3) dan *biseriate*

(P2U2b), konidia berbentuk silindris (P1U5), semibulat (P2U2b), dan bulat (P3U3), dan kondiofor tunggal ber dinding halus. Berdasarkan hasil identifikasi diketahui isolat P1U5, P2U2b, dan P3U3 memiliki kemiripan dengan kapang genus *Aspergillus*. Berdasarkan penelitian Hidayat & Isnawati (2021), ciri mikroskopis dari anggota genus *Aspergillus* yaitu hifa berseptata dengan vesikel berbentuk bulat atau semi bulat, fialid *uniseriate* atau *biseriate*, konidia berbentuk bulat atau semi bulat, dan kondiofor tunggal berdinding halus.

Karakteristik makroskopis morfologi koloni isolat P2U2a dicirikan dengan koloni berbentuk sirkuler dengan warna permukaan putih dengan warna sebalik koloni putih pucat. Elevasi tipe *raised* dengan tekstur beludru. Koloni kapang tidak memiliki zonasi dan *growing zone*. Ciri mikroskopis menunjukkan hifa berseptata, sporangiofor bercabang, dinding kondiofor halus, struktur fialid *echinulate*, dan bentuk konidia *long chains*. Karakteristik koloni isolat P2U1a berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis memiliki kemiripan dengan genus *Acrophialophora*. Sesuai dengan penelitian Sandoval-Denis, dkk. (2015), genus *Acrophialophora* memiliki ciri koloni berwarna putih atau abu, bertekstur beludru, bentuk konidia *ellipsoid* hingga *cylindrical*, dan struktur fialid *echinulate*.

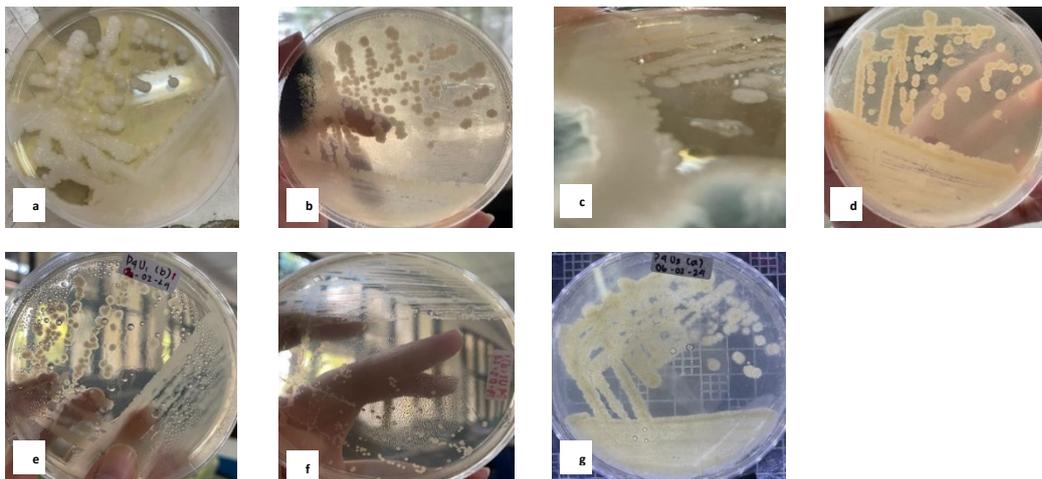
Isolat P2U4 berdasarkan pengamatan makroskopis morfologi koloni memiliki bentuk sirkuler dengan warna permukaan *pale grey* dengan warna

sebalik koloni *greyish*. Tekstur koloni *cottony* dengan elevasi *raised*, dan tidak tampak adanya zonasi dan *growing zone*. Karakteristik mikroskopis menunjukkan hifa tidak bersepta dengan konidiofor bercabang, berinding halus, dan tidak memiliki rhizoid. Vesikel *globose* dengan bentuk konidia bulat. Hasil identifikasi isolat P2U4 berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis menunjukkan kemiripan dengan genus *Mucor*. Putu, dkk. (2018), mendeskripsikan genus *Mucor* secara makroskopis koloni awalnya berwarna putih, kemudian menjadi abu-abu dengan kepala hifa udara berwarna hitam. Adapun ciri secara mikroskopis, yaitu koloni tidak bersepta dan berwarna hialin kebiruan, sporangiofor berdinding tebal, terdapat kolumela, serta spora berbentuk bulat, semi bulat, oval, obovoid, dan elips.

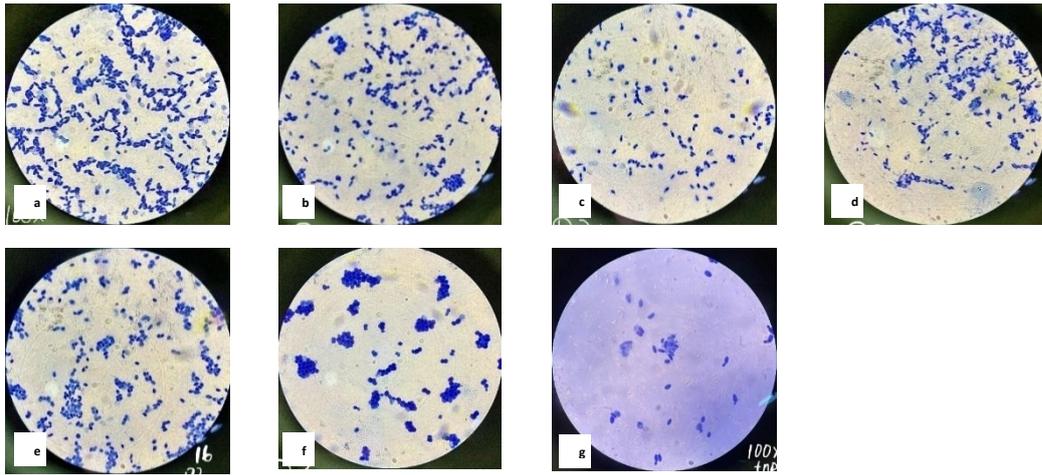
4. Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Kapang pada Proses Fermentasi Ekoenzim

Hasil identifikasi khamir pada proses fermentasi ekoenzim diperoleh 7 isolat khamir dengan kode isolat P2U4(a)1, P2U4(a)2, P2U4(b)1, P2U4(b)2, P4U1(b)1, P4U1(d)1, dan P4U2a. Isolat khamir dimurnikan dengan distreak 4 kuadran hingga koloni menjadi *single strain*. Di bawah ini Tabel 4. menjelaskan karakteristik makroskopis dan mikroskopis khamir pada proses fermentasi ekoenzim.

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap ketujuh isolat khamir yang berasal dari fermentasi ekoenzim asal feses sapi potong dan jerami padi didapatkan tiga genus khamir yang dominan hidup, yaitu *Saccharomyces* (P2U4(a)2, P4U1(b)1, dan P4U1(d)1), *Pichia* P2U4(a)1 dan P2U4(b)2), dan *Debaryomyces* (P2U4(b)1 dan P4U2a).



Ilustrasi 5. Morfologi makroskopis koloni isolat khamir pada media MEA
 a. P2U4(a)1; b. P2U4(a)2; c. P2U4(b)1; d. P2U4(b)2; e. P4U1(b)1;
 f. P4U1(d)1; g. P4U2a



Ilustrasi 6. Morfologi mikroskopis koloni isolat khamir pada media MEA (perbesaran 1000×)
 a. P2U4(a)1; b. P2U4(a)2; c. P2U4(b)1; d. P2U4(b)2; e. P4U1(b)1; f. P4U1(d)1; g. P4U2a

Tabel 4. Karakterisasi isolat khamir kode P2U4(a)1, P2U4(a)2, P2U4(b)1, dan P2U4(b)2

Karakter	Kode Isolat				
	P2U4(a)1	P2U4(a)2	P2U4(b)1	P2U4(b)2	P4U1(b)1
Karakter morfologi koloni					
Bentuk	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Elevasi	<i>Raised</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>
Warna	Putih pucat	<i>Cream</i>	<i>Cream</i>	<i>Cream</i> pekat	Putih pucat
Tekstur	<i>Butyrous</i>	<i>Butyrous</i>	<i>Butyrous</i>	<i>Butyrous</i>	<i>Butyrous</i>
Permukaan	Halus	Mengkilap	Kusam	Kusam	Mengkilap
Tepi	<i>Entire</i>	<i>Undulate</i>	<i>Undulate</i>	<i>Entire</i>	<i>Entire</i>
Karakter mikroskopis					
Bentuk sel	Silinder, oval	Oval, silindris	Bulat, oval, silindris	Silindris	Bulat, oval
<i>Budding</i> /pertunasan	Multilateral	Multilateral	Multilateral	Multilateral	Multilateral
Reproduksi seksual	Askospora	Askospora	Askospora	Askospora	Askospora
Hifa/ pseudohifa	Pseudohifa	-	-	Pseudohifa	-

Keterangan: (+) = terdapat, (-) = tidak terdapat

Isolat P2U4(a)2, P4U1(b)1, dan P4U1(d)1 memiliki karakteristik morfologi koloni yang hampir sama. Morfo-

logi makroskopis ketiga koloni khamir genus *Saccharomyces* menunjukkan ciri koloni berbentuk bulat dengan

elevasi flat dan convex, warna koloni putih hingga *cream*, permukaan mengkilap, tekstur *butyrous*, dan tepi *entire* dan *undulate*. Karakteristik mikroskopis menunjukkan bentuk sel bervariasi mulai dari bentuk bulat, oval, hingga silindris. Pertunasan atau *budding* multilateral, reproduksi askospora, dan tidak adanya hifa atau pseudohifa. Sesuai dengan penelitian Wachid (2019), media PDA yang ditumbuhi *Saccharomyces* memiliki bentuk sel oval atau bulat dan terdapat askospora. Berdasarkan Widiastutik & Alami (2014), genus *Saccharomyces* memiliki sel berbentuk bulat, oval atau silindris, pertunasan multilateral, dan memiliki askospora.

Karakteristik makroskopis isolat P2U4(a)1 dan P2U4(b)2 memiliki morfologi yang hampir sama. Genus *Pichia* pada hasil penelitian ini menunjukkan bentuk koloni bulat, berwarna putih hingga *cream*, bertekstur *butyrous*, permukaan halus, dan tepi *entire*. Karakteristik mikroskopis menunjukkan bentuk sel silindris hingga oval, pertunasan multilateral, reproduksi askospora, dan ditemukan adanya pseudohifa. Sesuai dengan penelitian Widiastutik & Alami (2014), genus khamir *Pichia* mempunyai bentuk sel oval memanjang, membentuk pseudohifa, reproduksi seksual dengan askospora dan secara aseksual dengan pertunasan multilateral. Genus ini juga mampu melakukan fermentasi gula pada glukosa.

Karakteristik makroskopis isolat P2U4(b)1 dan P4U2a memiliki morfologi koloni berbentuk bulat, elevasi flat,

berwarna *cream*, bertekstur *butyrous*, permukaan kusam, dan dengan tepi *entire*. Selanjutnya, karakteristik mikroskopis koloni berbentuk bulat, oval, hingga silinder, *budding* atau pertunasan multilateral, reproduksi seksual dengan askospora, dan tidak ditemukan adanya hifa atau pseudohifa. Berdasarkan karakteristik makroskopis dan mikroskopis isolat tersebut menunjukkan kemiripan dengan genus khamir *Debaryomyces*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Widiastutik & Alami (2014) genus *Debaryomyces* memiliki ciri mikroskopis yaitu sel berbentuk bulat oval, tidak terdapat pseudohifa, pertunasan multilateral, dan secara seksual membentuk askospora.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jumlah kapang tertinggi berada pada hari ke-28 (P4) dan jumlah khamir yang tertinggi berada pada hari ke-21 (P3). Hasil identifikasi koloni kapang berdasarkan karakteristik makroskopis dan mikroskopisnya memiliki kemiripan dengan genus *Aspergillus*, *Acrophialophora*, dan *Mucor*. Sementara itu, hasil identifikasi koloni khamir berdasarkan karakteristik makroskopis dan mikroskopisnya memiliki kemiripan dengan genus *Saccharomyces*, *Pichia*, dan *Debaryomyces*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Rektor Universitas Padjadjaran melalui Direktorat Riset & Pengabdian Masyarakat atas bantuan pendanaan yang di-

berikan melalui Hibah Riset Percepatan Lektor Kepala (RPLK) tahun 2023, sehingga proses penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afliani, V. N., Kurnani, T. B. A. & Marlina, E. T. (2015). Identifikasi khamir pada feses sapi potong sebelum dan sesudah proses pembentukan biogas pada digester fixed-dome. *Students E-Journals*, 4(4), 1–8.
<https://jurnal.unpad.ac.id/ejournal/article/view/8100/3682>
- Anggraeni, Z. D. & Rosida, D. F. (2023). Kajian lama fermentasi dan konsentrasi ekstrak daun maja (*Crescentia cujete linn.*) terhadap karakteristik kefir susu kambing. *Jurnal Sains Peternakan*, 11(1), 31–44.
<https://doi.org/10.21067/jsp.v11i1.8035>
- Azizah, N., Al-Baari, A. N. & Mulyani, S. (2012). Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(3), 72–77.
<https://jatp.ift.or.id/index.php/jatp/article/view/73>
- Badruzzaman, Juanda, W. & Hidayati, Y. A. (2016). Casting quality assessment on vermicomposting of mixed feces of dairy cattle and rice straw. *Jurnal Ilmu Ternak*, 16(2), 43–48.
- Bessey, E. A. (1950). *Morphology and taxonomy of fungi*. Philadelphia: The Blakiston Company.
- BPS. (2022). *Populasi Sapi Potong menurut Provinsi (Ekor), 2020-2022*. Badan Pusat Statistik Indonesia
- Emmawati, A., Rizaini, R. & Rahmadi, A. (2020). Perubahan populasi bakteri asam laktat, kapang /khamir, keasaman dan respons sensoris yoghurt durian. *Journal of Tropical AgriFood*, 2(2), 79–89.
- Fifendy, M., Irdawati & Eldini. (2013). Pengaruh pemanfaatan molase terhadap jumlah mikroba dan ketebalan nata pada teh kombucha. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 67–72. ISBN: 978-602-98559-2-0
- Gaspersz, M. M. & Fitrihidajati, H. (2022). Pemanfaatan ekoenzim ber-bahan limbah kulit jeruk dan kulit nanas sebagai agen remediasi LAS detergen. *Lentera Bio : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(3), 503–513.
<https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n3.p503-513>

- Hidayat, R. A. & Isnawati, I. (2021). Isolasi dan karakterisasi jamur selulolitik pada fermentodege: pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung. *Lentera Bio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2), 176–187. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n2.p176-187>
- Humber, R. A. (1997). *Chapter V-1 - Fungi: Identification*, 153–185. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012432555-5/50011-7>
- Kurtzman, C. P., Fell, J. W. & Boekhout, T. (2011). *The Yeast a Taxonomic Study* (Fifth Edit). Elsevier Science. ISBN: 978-0-444-52149-1
- Mahdia, A., Safitri, P. A., Setiarini, R. F., Maherani, V. F. A., Ahsani, M. N. & Soenarno, M. S. (2022). Analisis keefektifan ekoenzim sebagai pembersih kandang ayam dari limbah buah jeruk (*Citrus sp.*). *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 10(1), 42–46. <https://doi.org/10.29244/jipthp.10.1.42-46>
- Marlina, E.T., D.Z. Badruzzaman, E. Harlia, Hidayati & I. Susilawati. (2020). Dinamika populasi mikroba dan reduksi serat kasar pada dekomposisi awal pengomposan limbah sapi potong. *Ziraa'ah*, 45(1), 94-102. <http://dx.doi.org/10.31602/zmip.v45i1.2657>
- Nenobesia, D., Mellab, W. & A, P. S. (2017). Pemanfaatan limbah padat kompos kotoran ternak dalam meningkatkan daya dukung lingkungan dan biomassa tanaman kacang hijau (*Vigna radiata L.*). *Jurnal Pangan*, 26(1), 43–55. <https://doi.org/10.33964/jp.v26i1.344>
- Payitno, S. H., Dan, W. & Utama, C. S. (2014). Penggunaan ekstrak limbah sayur dalam kombinasi cairan rumen sebagai starter berdasarkan total jamur serta keberadaan kapang dan khamir. *Animal Agriculture Journal*, 3(4), 505–510.
- Pratama, A. N. (2016). Pengaruh nisbah C/N campuran feses sapi perah dan jerami padi terhadap kandungan Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ dan sodium adsorption rasio (SAR) POC. *Students E-Journal*, 5 (4).
- Putu, R. N. N., Srie, K. J. M. & Ayu, Ida Suryanti, P. (2018). Isolasi dan identifikasi jamur mikroskopis pada rizofe tanaman jeruk siam (*Citrus nobilis lour.*) di kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*, 6(1), 10–19. <https://doi.org/10.23887/jjpb.v6i1.21921>

- Riadi, I., Octavia, B. & Habibi, M. (2021). Deteksi dan identifikasi kapang pada proses biodeteriorasi arsip foto memory of the world (MOW) restorasi candi borobudur. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 15(1), 3–14.
<https://doi.org/10.33374/jurnalkonservasicagarbudaya.v15i1.255>
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L. & Dahliana, I. (2020). Analisis hasil konversi eco enzyme menggunakan nenas (*Ananas comosus*) dan pepaya (*Carica papaya L.*). *Jurnal Redoks*, 5(2), 135.
<https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.5060>
- Rohman, A. R., Dwiloka, B. & Rizqiati, H. (2019). Pengaruh lama fermentasi terhadap total asam, total bakteri asam laktat, total khamir dan mutu hedonik kefir air kelapa hijau (*Cocos nucifera*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 127–133.
<https://doi.org/10.14710/jtp.2019.23281>
- Safitri, R., Fauzana, N. A. & Fauziah, P. N. (2011). Pembuatan starter inokulum jamur *aspergillus oryzae*, *rhizopus oligosporus* dan *trichoderma viridae* untuk bibit fermentasi kulit pisang kepok (*Musa balbisiana colla*). In *Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Sumber Daya Genetik (SDG) Lokal Mendukung Industri Perbenihan Nasional dalam Rangka Purna Bakti Staf Pengajar Pemuliaan Tanaman UNPAD dan Kongres PERIPI Komda Jabar* (249–261). ISBN 978-602-18209-0-2
- Sandoval-Denis, M., Gené, J., Sutton, D. A., Wiederhold, N. P. & Guarro, J. (2015). Acrophialophora, a poorly known fungus with clinical significance. *Journal of Clinical Microbiology*, 53(5), 1549–1555.
<https://doi.org/10.1128/JCM.00279-15>
- Saparianti, E., Dewanti, T. & Dhoni, S. K. (2012). Hidrolisis ampas tebu menjadi glukosa cair oleh kapang *trichoderma viride*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 5(1), 1–10.
- Sari, D. Y. R., Saputro, T. B. & Muhibuddin, A. (2016). Uji potensi fermentasi etanol yeast tanah yang diisolasi dari metode budidaya SDN di daerah Batu, Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Seni*, 5(2), 5–9.

- Sari, I. P. (2024). Karakterisasi enzim amilase dari isolat khamir hasil fermentasi biji kopi robusta (*Coffea canephora*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 10 (1), 39–52. <https://doi.org/10.26858/jptp.v10i1.1707>
- Shofiana, R. H., Sulistyowati, L. & Muhibuddin, A. (2015). Eksplorasi jamur endofit dan khamir pada tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*) serta uji potensi antagonismenya terhadap jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*). *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tanaman)*, 3(1), 75–83.
- Sopandi, T. & Wardah. (2014). *Mikrobiologi Pangan - Teori dan Praktik* (Maya (ed.); Ed. 1). Yogyakarta: Penerbit ANDI. ISBN: 978-979-29-4542.
- Sri Rizki & Syafrina Sari Lubis. (2021). Analisa total koloni dan uji kadar alkohol pada fermentasi air nira (*Arenga pinnata*). *KENANGA Journal of Biological Sciences and Applied Biology*, 1(2), 1–7. <https://doi.org/10.22373/kenanga.v1i2.1912>
- Sukmawati, R. & Fahrizal, A. (2018). Analisis cemaran mikroba pada daging ayam broiler di kota Makassar. *Scripta Biologica*, 5(1), 51–53. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2018.5.1.799>
- Vama, L. & Cherekar, M. N. (2020). Production, extraction and uses of eco-enzyme using citrus fruit waste: wealth from waste. *Biotech. Env. Sc*, 22(2), 2020–2346.
- Viza, R. Y. (2022). Uji organoleptik eco-enzyme dari limbah kulit buah. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 5(1), 24–30.
- Wachid, M. (2019). Optimasi media kulit singkong pada pertumbuhan *sacharomyces cereviceae*. *Jurnal Reka Buana: Jurnal Teknik Ilmiah Sipil dan Teknik Kimia*. 4(2), 92–101. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i2.1280>
- Widiastutik, N. & Alami, N. H. (2014). Isolasi dan identifikasi yeast dari *rhizosfer rhizophora mucronata* wonorejo. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 3(1), 11–16.
- Wiraputra, D., Adrianto, R., Adrianto, R., Agrippina, F. D., Agrippina, F. D., Jyoti, M. D. & Jyoti, M. D. (2020). Pengaruh lama fermentasi terhadap nilai angka lempeng total & kapang pada kopi robusta Lampung (*Coffea canephora*). *Majalah TEGI*, 12(1), 15.

Yakin, E. A. & Mulyono, A. M. W. (2017). Pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas enzim dan lignin pada proses fermentasi kulit buah kakao menggunakan kapang *phanerochaete chrysosporium*. *AGRI-SAINTIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 1(2), 152.
<https://doi.org/10.32585/ags.v1i2.51>