

## Inovasi Fermentasi: Meningkatkan Kandungan Antioksidan pada Bekatul Menggunakan *Aspergillus oryzae*

### Innovation in Fermentation: Enhancing Antioxidant Content in Rice Bran Using *Aspergillus oryzae*

Hafidh Al Azzhar<sup>1</sup>, Mardiyono<sup>2</sup>, Hery Muhamad Ansory<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Universitas Setia Budi Surakarta, Surakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Faculty of Pharmacy, Universitas Setia Budi Surakarta, Surakarta, Indonesia

Article Info	ABSTRAK
<p><b>Article history:</b></p> <p>Received 11 13, 2023 Revised 11 29, 2023 Accepted 11 30, 2023</p>	<p>Penelitian ini bertujuan menguji aktivitas antioksidan ekstrak fermentasi bekatul sebagai pendekatan inovatif dalam meningkatkan kandungan senyawa bioaktif. Bekatul kaya senyawa fenolik dan <math>\gamma</math>-oryzanol, namun studi penggunaan fermentasi enzimatis untuk meningkatkan bioaktivitasnya masih terbatas. Studi ini mengeksplorasi aktivitas antioksidan ekstrak fermentasi bekatul, menawarkan wawasan baru dalam memanfaatkan potensi antioksidan bahan alami yang belum terexplorasi. Bekatul difermentasi dengan <i>Aspergillus oryzae</i> selama 7, 14, dan 21 hari. Produk fermentasi diekstraksi menggunakan etanol 70%, dan aktivitas antioksidannya ditentukan secara in-vitro dengan metode DPPH. Hasil menunjukkan fermentasi 14 hari memiliki aktivitas antioksidan tertinggi (AAI 1,47), kategori aktivitas kuat; sedangkan untuk bekatul non-fermentasi dan fermentasi 7 hari, AAI masing-masing 1,09 dan 1,05. Fermentasi 21 hari menunjukkan aktivitas terendah (AAI 0,55), kategori sedang. Temuan ini memberikan kontribusi pada pemahaman pengaruh durasi fermentasi terhadap aktivitas antioksidan bekatul, mendukung potensinya sebagai sumber antioksidan.</p>
<p><b>Kata kunci</b></p> <p>Fermentasi bekatul Aktivitas antioksidan <i>Aspergillus oryzae</i> Metode DPPH</p>	
<p><b>Keywords:</b></p> <p>Fermented rice bran Antioxidant activity <i>Aspergillus oryzae</i> DPPH method</p>	
	<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>This study aims to assess the antioxidant activity of fermented rice bran extract as an innovative approach to enhance the content of bioactive compounds. Although rice bran is known for its richness in phenolic compounds and <math>\gamma</math>-oryzanol, the use of enzymatic fermentation to increase its bioactivity remains limited. The research explores the antioxidant activity of fermented rice bran extract, providing fresh insights into harnessing the untapped potential of natural antioxidants. Rice bran was fermented with <i>Aspergillus oryzae</i> for 7, 14, and 21 days. The fermented product was then extracted using 70% ethanol, and its antioxidant activity was determined in vitro using the DPPH method. The results indicated that a 14-day fermentation exhibited the highest antioxidant activity (AAI 1.47), categorized as strong antioxidant activity. For non-fermented rice bran and 7-day fermentation, AAI values were 1.09 and 1.05, respectively. Fermentation for 21 days showed the lowest antioxidant activity (AAI 0.55), which was categorized as moderate. These findings contribute to understanding the impact of fermentation duration on the antioxidant activity of rice bran, supporting its potential as a valuable source of antioxidants.</p>

**Corresponding Author:**

Hery Muhamad Ansory

Faculty of Pharmacy, Universitas Setia Budi Surakarta

Jl. Letjen Sutoyo, Mojosongo, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57127

email: [hery.ansory89@setiabudi.ac.id](mailto:hery.ansory89@setiabudi.ac.id) ; [hery.ansory89@gmail.com](mailto:hery.ansory89@gmail.com)

This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



## 1. PENDAHULUAN

Eksplorasi antioksidan alami saat ini menjadi hal penting untuk dilakukan, mengingat keragaman penyakit yang dipicu oleh radikal bebas. Bekatul, yang merupakan hasil samping dari proses penggilingan beras, telah menarik perhatian luas dalam beberapa dekade terakhir sebagai sumber potensial senyawa bioaktif. Senyawa fenolik dan  $\gamma$ -oryzanol dalam bekatul diketahui memiliki peran penting sebagai antioksidan untuk kesehatan manusia [1]–[5]. Kandungan senyawa bioaktif dalam bekatul dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti varietas beras, metode penggilingan, dan kondisi penyimpanan [2], [4], [6]. Untuk memaksimalkan potensi antioksidan bekatul, diperlukan peningkatan kandungan senyawa bioaktif.

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah melalui proses fermentasi. Fermentasi telah dikenal sebagai metode efektif untuk meningkatkan kandungan senyawa bioaktif dalam berbagai bahan pangan [7], [8]. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh fermentasi terhadap aktivitas antioksidan ekstrak bekatul. Keunikan dari penelitian ini terletak pada penggunaan *Aspergillus oryzae* sebagai agen fermentasi yang jarang digunakan dalam fermentasi bekatul.

Meskipun sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi potensi fermentasi dalam meningkatkan aktivitas antioksidan pada bahan pangan [9], [10], penelitian mengenai pengaruh fermentasi terhadap aktivitas antioksidan pada bekatul masih terbatas. Kebanyakan penelitian sebelumnya lebih fokus pada padi sebagai sumber potensial senyawa bioaktif. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki keunikan dalam menerapkan metode fermentasi menggunakan *Aspergillus oryzae* pada bekatul untuk meningkatkan aktivitas antioksidan.

*Aspergillus oryzae* dikenal sebagai jamur yang paling banyak menghasilkan enzim. Jamur ini memiliki keunggulan dibandingkan mikroba lain yaitu enzim yang dihasilkan banyak digunakan dalam pengolahan pangan dan berstatus GRAS (Generally Recognized as Safe), serta enzim yang dihasilkan memiliki sifat ekstraseluler [11]. *Aspergillus oryzae* mengandung kapang septate, konidiofor bebas dan tidak beraturan, tidak membentuk spora seksual, miselium bersih dan tidak berwarna serta bercabang [12].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang penggunaan *Aspergillus oryzae* dalam fermentasi bekatul dan memperluas pemahaman mengenai pengaruh fermentasi terhadap aktivitas antioksidan pada bekatul. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk pemanfaatan bekatul sebagai sumber potensial senyawa bioaktif dengan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dalam industri pangan.

## 2. METODE

### Alat dan Bahan

Alat yang dipakai pada penelitian ini adalah Spektrofotometer UV-VIS, seprangkat alat gelas laboratorium kimia dan biologi. Bahan yang dipakai pada penelitian adalah 5kg bekatul padi Mentik Wangi, biakan *Aspergillus oryzae*, etanol 70%, etanol p.a (e-merch), DPPH p.a (e-merch), dan aqua steril.

### Cara Kerja

#### Fermentasi Bekatul

Sebanyak 150 gram serbuk bekatul dalam erlenmeyer 1.000 ml dengan 20 ml aquades disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 30 menit. Penambahan suspensi spora 30% (v/w) dan inkubasi dengan variasi waktu 7,14, dan 21 hari. Keberhasilan fermentasi dapat dilihat dari pH, warna, aroma, dan tekstur [13].



### Pembuatan Ekstrak Etanol Hasil Fermentasi Bekatul

Ekstrak dibuat menggunakan metode maserasi dengan perbandingan 1:10 dengan metanol 70%. Sampel yang diekstrak adalah bekatul tanpa fermentasi, bekatul yang telah di fermentasi selama 7, 14 dan 21 hari.

### Pengujian antioksidan dengan DPPH

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan secara in-vitro dengan menggunakan DPPH. Dari hasil pengujian bisa dihitung nilai  $IC_{50}$  dengan persamaan [14]:

$$\%I = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{persamaan 1})$$

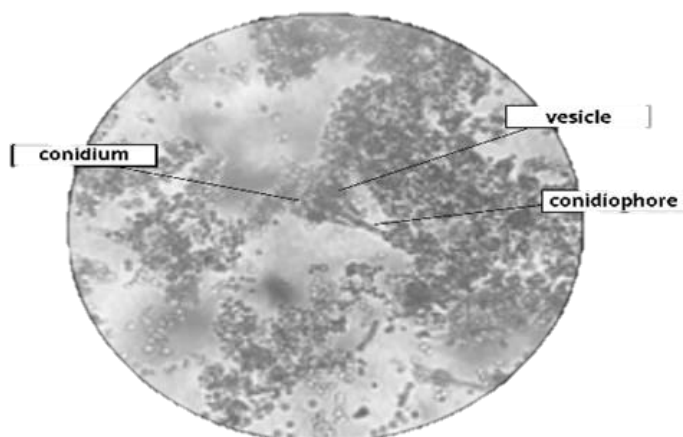
Hasil %I pada setiap konsentrasi sampel yang digunakan dapat dibuat persamaan untuk menentukan nilai  $IC_{50}$ . Nilai AAI dihitung menggunakan persamaan [15]:

$$AAI = \frac{\text{Konsentrasi DPPH} (\frac{\mu g}{ml})}{IC_{50} (\frac{\mu g}{ml})} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2})$$

## 3. HASIL

### Fermentasi Bekatul

Determinasi padi mentik wangi dilakukan di UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, berdasarkan hasil surat keterangan Nomer : 074/629/ 102.20-A/2022 menyatakan bahwa tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah padi mentik wangi (*Oryza sativa* L.). Identifikasi *Aspergillus oryzae* dilakukan secara makroskopis dengan pewarnaan *lacto fenol cotton blue* yang memperlihatkan hifa memanjang diujung apikal, kepala konidia yang memancar dengan inti berjumlah lebih dari empat, vesikel berbentuk setengah lingkaran, sesuai **Gambar 1**.



Gambar 1. Hasil Identifikasi *Aspergillus oryzae*.

Rendemen bobot ekstrak terhadap bobot serbuk untuk masing-masing sampel ditepikan dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1. Rendemen Serbuk terhadap Ekstrak**

Sampel	Berat serbuk (g)	Berat ekstrak (g)	Rendemen b/b (%)
Non fermentasi	300	32	10,67
Fermentasi 7 hari	300	47	15,67
Fermentasi 14 hari	300	33	11
Fermentasi 21 hari	300	30	10

Identifikasi dilakukan dengan metode uji tabung yang bertujuan mengetahui senyawa yang terdapat didalam ekstrak. Hasil pengujian identifikasi kandungan senyawa dapat dilihat pada **Tabel 2**.



**Tabel 2. Identifikasi Kandungan Senyawa**

Golongan senyawa	Ekstrak			
	NF	F1	F2	F3
Flavonoid	+	+	+	+
Steroid	-	-	-	-
Triterpenoid	-	-	-	-
Saponin	+	+	+	+

Keterangan :

NF : Non fermentasi

F1 : Fermentasi 7 hari

F2 : Fermentasi 14 hari

F3 : Fermentasi 21 hari

Tanda + : Terdapat kandungan senyawa

Tanda - : Tidak terdapat kandungan senyawa

Aktivitas penangkapan radikal bebas pada ekstrak bekatul tanpa fermentasi dan ekstrak bekatul yang telah terfermentasi diukur menggunakan metode DPPH dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 516 nm. Hasil pengukuran dicatat sebagaimana tertera pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Hasil aktivitas antioksidan**

Sampel	IC <sub>50</sub> (ppm)	AAI	Kategori
NF	145,0684	1,09	Kuat
F1	149,5527	1,05	Kuat
F2	107,0728	1,47	Kuat
F3	285,0715	0,55	Sedang

Keterangan :

NF : Non Fermentasi

F1 : Fermentasi 7 Hari

F2 : Fermentasi 14 Hari

F3 : Fermentasi 21 Hari

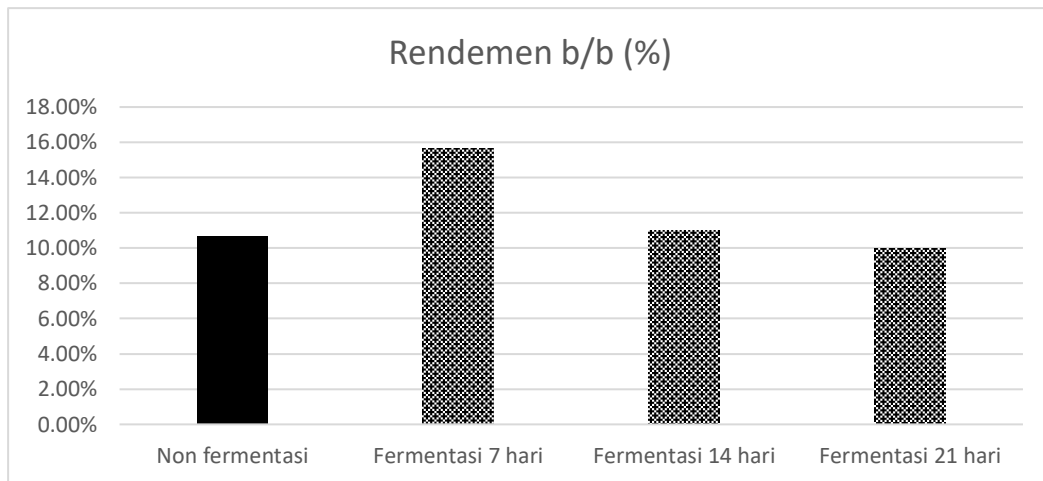
#### 4. PEMBAHASAN

##### Fermentasi Bekatul

Rendemen ekstrak pada penelitian ini mencerminkan proporsi dari senyawa-senyawa bioaktif yang berhasil diekstrak dari bekatul. Dalam kondisi non-fermentasi, rendemen ekstrak bekatul mencapai 10,67%, sementara pada fermentasi selama 7 hari, terjadi peningkatan signifikan menjadi 15,67%. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi pada tahap awal dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa-senyawa yang diinginkan [16]. Meskipun pada fermentasi 14 hari terjadi penurunan rendemen menjadi 11%, dan pada fermentasi 21 hari rendemen tetap pada 10%, namun secara keseluruhan, nilai-nilai tersebut masih relatif tinggi.

Peningkatan rendemen pada fermentasi 7 hari dapat dihubungkan dengan aktivitas enzim yang meningkat selama proses fermentasi tersebut. Enzim yang dihasilkan oleh *Aspergillus oryzae* mungkin berkontribusi pada pemecahan dinding sel bekatul, memudahkan ekstraksi senyawa-senyawa bioaktif [17]. Pada fermentasi yang lebih lama, mungkin terjadi degradasi beberapa senyawa atau adanya perubahan komposisi kimia yang menyebabkan penurunan rendemen [18]. Hasil rendemen ekstrak mencerminkan tahap awal dalam memahami potensi senyawa bioaktif dari bekatul yang telah mengalami proses fermentasi.





Gambar 1. Rendemen ekstrak etanol bekatul

Pada sampel non-fermentasi (NF) dan semua sampel fermentasi (F1, F2, F3), terdeteksi kandungan flavonoid dan saponin. Flavonoid, yang merupakan senyawa antioksidan [5], terdapat pada semua sampel, menunjukkan potensi manfaat antioksidan dari bekatul yang ditingkatkan melalui fermentasi. Kandungan saponin juga menarik karena senyawa ini telah dikaitkan dengan sifat anti-inflamasi dan imunomodulator [19]. Hasil analisis kualitatif ini memberikan konteks lebih lanjut untuk menginterpretasikan hasil rendemen dan membantu merinci kontribusi masing-masing senyawa terhadap potensi antioksidan dan manfaat kesehatan dari ekstrak bekatul yang telah mengalami fermentasi. Namun, untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif, analisis lebih lanjut terhadap kandungan senyawa-senyawa spesifik perlu dilakukan.

Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa ekstrak metanol dari bekatul varietas Menthikwangi memiliki kandungan total fenol sebesar  $2794,28 \pm 181,83 \mu\text{g EAG/g}$  bekatul [6]. Penelitian lain pada ekstrak bekatul menunjukkan rendemen sebesar  $37,79 \pm 3,89\%$ , dengan total fenol  $2181,167 \pm 94,648 \text{ mg GAE/g}$ , dan total flavonoid  $132,00 \pm 31,75 \text{ mg quercetin/g}$  [20]. Studi lain membandingkan rendemen pada bekatul dengan ekstraksi etanol, di mana bekatul putih, merah, dan hitam memiliki rendemen masing-masing 5,00; 4,67%; dan 4,18% [5], [21].

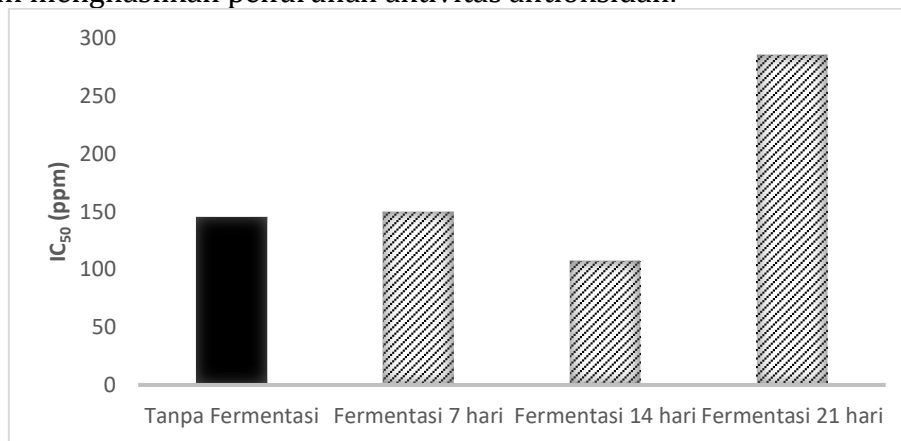
### Aktivitas Antioksidan

Hasil uji aktivitas antioksidan menggunakan metode  $IC_{50}$  pada ekstrak bekatul menunjukkan variabilitas yang menarik dalam respons terhadap radikal bebas DPPH seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 3**. Pada sampel non-fermentasi (NF), ditemukan nilai  $IC_{50}$  sebesar 145,0684 ppm, menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat (AAI: 1,09). Hal ini menandakan kemampuan efektif untuk menangkap radikal bebas pada kondisi non-fermentasi.

Pada fermentasi 7 hari (F1), meskipun nilai  $IC_{50}$  meningkat menjadi 149,5527 ppm, namun kategori aktivitas antioksidan tetap kuat (AAI: 1,05). Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi awal tidak secara signifikan memengaruhi kapasitas antioksidan. Fermentasi 14 hari (F2) menunjukkan nilai  $IC_{50}$  yang lebih rendah, yaitu 107,0728 ppm, menandakan peningkatan aktivitas antioksidan menjadi sangat kuat (AAI: 1,47). Ini menunjukkan bahwa fermentasi pada periode ini secara positif mempengaruhi kemampuan ekstrak dalam menangkap radikal bebas, mencapai tingkat aktivitas antioksidan yang lebih tinggi. Pada fermentasi 21 hari (F3), terjadi kenaikan signifikan



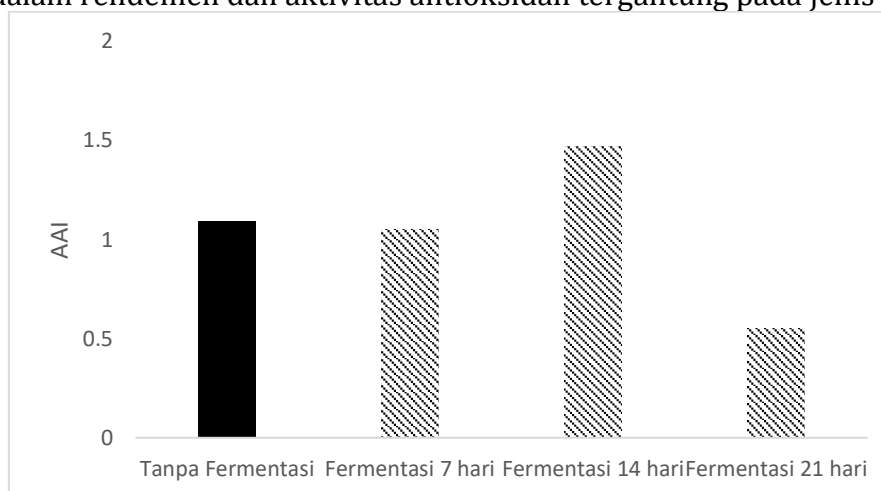
nilai  $IC_{50}$  menjadi 285,0715 ppm, dan kategori aktivitas antioksidan menurun menjadi sedang (AAI: 0,55). Hal ini dapat diartikan bahwa fermentasi yang lebih lama pada tahap ini mungkin menghasilkan penurunan aktivitas antioksidan.



**Gambar 2. Pengaruh Fermentasi terhadap nilai  $IC_{50}$**

Secara keseluruhan, hasil uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan meningkat pada fermentasi 14 hari, yang diindikasikan dengan penurunan nilai  $IC_{50}$ . Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa fermentasi yang lebih lama pada tahap 21 hari dapat menurunkan aktivitas antioksidan.

Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa ekstrak metanol dari bekatul varietas Mentik Wangi memiliki aktivitas antioksidan DPPH sebesar  $41,28 \pm 0,60\%$  [6]. Dalam perbandingan, penelitian kami menunjukkan variabilitas dalam hasil, terutama pada aktivitas antioksidan. Meskipun demikian, perbedaan mungkin disebabkan oleh variasi genetik antar varietas dan perbedaan metode ekstraksi. Penelitian lain pada ekstrak bekatul aktivitas antioksidan sebesar  $90,470 \pm 0,658$  [20]. Hasil ini menyoroti variasi yang signifikan antara jenis bekatul dan metode ekstraksi yang digunakan, memberikan wawasan lebih lanjut tentang potensi variasi dalam sifat bioaktif bekatul. Studi lain membandingkan aktivitas antioksidan pada bekatul dengan ekstraksi etanol, di mana bekatul putih, merah, dan hitam memiliki aktivitas antioksidan berturut-turut 49,14, 62,41, dan 85,62 ppm [5], [21]. Perbandingan ini menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam rendemen dan aktivitas antioksidan tergantung pada jenis bekatul.



**Gambar 3. Pengaruh fermentasi pada Antioxidant Activity Index**

Aktivitas antioksidan bekatul secara intrinsik terkait erat dengan kandungan total fenolik (Total Phenolic Content, TPC) yang terdapat dalam bahan tersebut. Fenolik,





seperti yang terkandung dalam senyawa fenol dan  $\gamma$ -oryzanol, telah dikenal memiliki peran signifikan dalam memberikan sifat antioksidan [22]. Penelitian ini mengamati bahwa fermentasi bekatul dengan *Aspergillus oryzae* memainkan peran kunci dalam peningkatan aktivitas antioksidan. Hasil menunjukkan bahwa fermentasi selama 14 hari menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai AAI sebesar 1,47, yang dikategorikan sebagai aktivitas antioksidan yang kuat. Temuan ini konsisten dengan pandangan bahwa fermentasi secara enzimatik dapat meningkatkan kandungan senyawa bioaktif, termasuk fenolik, yang secara langsung berkontribusi pada aktivitas antioksidan [7], [8], [10].

Temuan penelitian juga sejalan dengan studi fermentasi bekatul menggunakan *Aspergillus awamori* dan *Aspergillus oryzae* dalam bentuk padat selama 5 hari meningkatkan aktivitas antioksidan bekatul. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa fermentasi memperkaya kandungan senyawa fenolik, terutama asam protocatechuic dan asam ferulat, yang telah terbukti meningkatkan aktivitas antioksidan [16]. Hasil ini mendukung efektivitas fermentasi sebagai pendekatan untuk memperkuat sifat antioksidan dari sumber daya alam.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting pada pemahaman mengenai pengaruh durasi fermentasi bekatul dengan *Aspergillus oryzae* terhadap aktivitas antioksidan bekatul. Temuan ini tidak hanya memperkuat potensi bekatul sebagai sumber antioksidan melalui fermentasi, tetapi juga memberikan wawasan baru terkait lama waktu fermentasi dalam meningkatkan aktivitas antioksidan. Implikasinya, hasil ini memperkuat dasar ilmiah untuk pemanfaatan bekatul sebagai sumber potensial senyawa antioksidan.

## 5. KESIMPULAN

Hasil menunjukkan bahwa fermentasi bekatul padi Mentik Wangi dengan *Aspergillus oryzae* selama 14 hari memberikan hasil terbaik dengan aktivitas antioksidan yang kuat.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Faizah, F. Kusnandar, and S. Nurjanah, "Senyawa Fenolik, Oryzanol, dan Aktivitas Antioksidan Bekatul yang Difermentasi dengan *Rhizopus oryzae*," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. 31, no. 1, pp. 86–94, 2020, doi: 10.6066/jtip.2020.31.1.86.
- [2] Y. Kurniati, S. Budijanto, L. Nuraida, F. Nur, and A. Dewi, "Peningkatan Senyawa Fenolik Bekatul dengan SSF (Solid State Fermentation) sebagai Pencegah Kanker Enhancement of Phenolic Compounds of Rice Bran with SSF (Solid State Fermentation) for Preventing Cancer," *Iptek Tanam. Pangan*, vol. 12, no. 2, pp. 97–104, 2017, [Online]. Available: <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/ippan/article/view/8175>
- [3] W. N. Suhery, A. Fernando, and N. Has, "Uji Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Bekatul Padi Ketan Merah dan Hitam (*Oryza sativa* L. var. *glutinosa*) dan Formulasinya Dalam Sediaan Krim," *Pharmacy*, vol. 13, no. 101–115, pp. 494–504, 2016.
- [4] A. Purwanto, A. N. Fajriyati, and D. Wahyuningtyas, "Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Rendemen dan Aktivitas Antioksidan dalam Ekstrak Minyak Bekatul Padi," *Ekuilibrum*, vol. 13, no. 1, pp. 29–34, 2014.
- [5] I. W. Rai Widarta and I. W. Arnata, "Stabilitas Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul



- Beras Merah Terhadap Oksidator dan Pemanasan pada Berbagai pH," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. 25, no. 2, pp. 193–199, 2014, doi: 10.6066/jtip.2014.25.2.193.
- [6] S. Hartati, Y. Marsono, and U. Santoso, "Komposisi Kimia Serta Aktivitas Antioksidan Ekstrak Hidrofilik Bekatul Beberapa Varietas Padi," *J. Agritech*, vol. 35, no. 1, pp. 35–42, 2015.
- [7] N. Rahmi, N. Khairiah, Rufida, S. Hidayati, and A. Muis, "Pengaruh fermentasi terhadap total fenolik, aktivitas penghambatan radikal dan aktivitas antibakteri ekstrak tepung biji teratai (*Nymphaea pubescens* Willd.)," *Jbi*, vol. 11, no. 1, pp. 9–18, 2020.
- [8] G. P. Adi Wira Kusuma, K. Ayu Nocianitri, and I. D. P. Kartika Pratiwi, "Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fermented Rice Drink Sebagai Minuman Probiotik Dengan Isolat *Lactobacillus* sp. F213," *J. Ilmu dan Teknol. Pangan*, vol. 9, no. 2, p. 181, 2020, doi: 10.24843/itepa.2020.v09.i02.p08.
- [9] N. Suhartatik\*, M. Nur Cahyanto, S. Raharjo, and E. S. Rahayu, "Antioxidant Activity of Anthocyanin of Black Glutinous Rice During Fermentation," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. 24, no. 1, pp. 115–119, 2013, doi: 10.6066/jtip.2013.24.1.115.
- [10] H. J. B. Kunnaryo and P. R. Wikandari, "Antosianin dalam Produksi Fermentasi dan Perannya sebagai Antioksidan," *Unesa J. Chem.*, vol. 10, no. 1, pp. 24–36, 2021, doi: 10.26740/ujc.v10n1.p24-36.
- [11] S. Kapnoor and V. H. Mulimani, "Production of  $\alpha$ -galactosidase by *aspergillus oryzae* through solid-state fermentation and its application in soymilk galactooligosaccharide hydrolysis," *Brazilian Arch. Biol. Technol.*, vol. 53, no. 1, pp. 211–218, 2010, doi: 10.1590/S1516-89132010000100026.
- [12] P. Barbesgaard, H. P. Heldt-Hansen, and B. Diderichsen, "On the safety of *Aspergillus oryzae*: a review," *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 36, no. 5, pp. 569–572, 1992, doi: 10.1007/BF00183230.
- [13] N. Suningsih, W. Ibrahim, O. Liandris, and R. Yulianti, "Kualitas Fisik dan Nutrisi Jerami Padi Fermentasi pada Berbagai Penambahan Starter," *J. Sain Peternak Indones.*, vol. 14, no. 2, pp. 191–200, 2019, doi: 10.31186/jspi.id.14.2.191-200.
- [14] H. M. Ansory, E. N. Sari, A. Nilawati, S. Handayani, and N. Aznam, "Sunscreen and Antioxidant Potential of Myristicin in Nutmeg Essential Oils (*Myristica fragrans*)," in *The proceedings of the 2nd Bakti Tunas Husada-Health Science International Conference (BTH-HSIC 2019)*, Paris, France: Atlantis Press, 2020, pp. 138–142. doi: 10.2991/ahsr.k.200523.034.
- [15] Gangavaram Maheshwar Reddy, "Evaluation of antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picryl hydrazyl method of 40 medicinal plants," *J. Med. Plants Res.*, vol. 6, no. 24, pp. 4082–4086, 2012, doi: 10.5897/jmpr10.234.
- [16] H. Y. Shin, S. M. Kim, J. H. Lee, and S. T. Lim, "Solid-state fermentation of black rice bran with *Aspergillus awamori* and *Aspergillus oryzae*: Effects on phenolic acid composition and antioxidant activity of bran extracts," *Food Chem.*, vol. 272, pp. 235–241, 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.174.
- [17] F. Kong *et al.*, "*Aspergillus oryzae* and *aspergillus niger* co-cultivation extract affects in vitro degradation, fermentation characteristics, and bacterial composition in a diet-specific manner," *Animals*, vol. 11, no. 5, 2021, doi: 10.3390/ani11051248.
- [18] Y. Wu *et al.*, "In vitro gastrointestinal digestion and fecal fermentation reveal the effect of different encapsulation materials on the release, degradation, and modulation of gut microbiota of blueberry anthocyanin extract," *Food Res. Int.*, vol.





- 132, no. November 2019, p. 109098, 2020, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109098.
- [19] Y. S. Yi, "New mechanisms of ginseng saponin-mediated anti-inflammatory action via targeting canonical inflammasome signaling pathways," *J. Ethnopharmacol.*, vol. 278, no. June, p. 114292, 2021, doi: 10.1016/j.jep.2021.114292.
- [20] R. F. Anggraini and S. B. Widjanarko, "Pengaruh Penambahan Ekstrak Bekatul Terhadap Aktivitas Antioksidan, Total Fenol, Dan Kadar Flavonoid Minuman Fungsional Sari Jagung-Ekstrak Bekatul," *J. Pangan dan Agroindustri*, vol. 6, no. 1, pp. 53–63, 2018, doi: 10.21776/ub.jpa.2018.006.01.7.
- [21] I. W. . Widarta, K. A. Nociantri, and L. P. I. P. Sari, "Ekstraksi Komponen Bioaktif Bekatul Beras Lokal Dengan Beberapa Jenis Pelarut," *J. Apl. Teknologi Pangan*, vol. 2, no. 2, pp. 75–79, 2013.
- [22] S. H. Huang and L. T. Ng, "Quantification of polyphenolic content and bioactive constituents of some commercial rice varieties in Taiwan," *J. Food Compos. Anal.*, vol. 26, no. 1–2, pp. 122–127, 2012, doi: 10.1016/j.jfca.2012.03.009.

