

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 165 / Teknologi Pangan dan Gizi  
Bidang Fokus : Bidang 1 Kemandirian Pangan



**LAPORAN AKHIR**

**PERLAKUAN STABILISASI, FERMENTASI, SERTA  
APLIKASI BEKATUL PADA PRODUK PANGAN MIE DAN  
ROTI: KAJIAN PUSTAKA**

**TIM PENGUSUL**

**Hermawan Seftiono, S.Si, M.Si [0319098605]**

**2021**

**UNIVERSITAS TRILOGI**

## ABSTRAK

Bekatul merupakan hasil samping penggilingan padi. Bekatul memiliki kandungan lemak yang tinggi. Metode stabilisasi bekatul merupakan cara untuk mengurangi kandungan lemak pada bekatul. Bekatul memiliki nutrisi dan komponen bioaktif yang tinggi. Nutrisi dan komponen bioaktif pada bekatul dapat ditingkatkan dengan proses fermentasi. Nutrisi pada bekatul dapat dapat dikembangkan sebagai pangan fungsional. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh metode terbaik perlakuan stabilisasi, pengaruh perlakuan fermentasi, serta pengaruh penambahan bekatul pada produk mie dan roti. Metode penelitian melakukan pengumpulan data berdasarkan pengkajian analisis FFA, PV, dan TBA pada stabilisasi bekatul, analisis proksimat, asam ferulat,  $\gamma$ -oryzanol, dan flavonoid pada fermentasi bekatul, analisis proksimat dan analisis antioksidan pada produk. Perlakuan stabilisasi bekatul dilakukan dengan tiga metode yaitu *Infrared*, *ohmic heating*, dan *microwave*. Metode *microwave* mampu menghambat kandungan FFA (2.04%) dan TBA (0.42%) pada bekatul, metode *Infrared* mampu menghambat nilai PV (2.90%). Sementara perlakuan fermentasi bekatul dilakukan dengan berbagai jenis mikroba seperti kapang, khamir, dan bakteri asam laktat. Fermentasi bekatul dengan tiga jenis mikroba yaitu kapang, khamir, dan bakteri asam laktat. Fermentasi bekatul dengan kapang *R. oryzae* dapat meningkatkan kadar proksimat, asam ferulat pada bekatul. Aplikasi produk pada bekatul dilakukan pada produk mie dan roti. Produk bekatul dengan penambahan bekatul 45% pada produk roti mampu meningkatkan kadar proksimat (kadar abu 3.98%, kadar lemak 7.18%, dan kadar protein 13.50%), sementara pada analisis antioksidan tertinggi yaitu pada produk mie penambahan bekatul 10% sebesar 66%.

Kata kunci: Asam lemak bebas, *microwave*, *Rhyzopus oryzae*,  $\gamma$ -oryzanol, produk

pangan fungsional

## DAFTAR ISI

|                                         | Halaman |
|-----------------------------------------|---------|
| <b>DAFTAR ISI</b>                       | i       |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                     | ii      |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                    | ii      |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>                  | ii      |
| <br><b>PENDAHULUAN</b>                  | <br>1   |
| Latar Belakang                          | 1       |
| Tujuan Penelitian                       | 2       |
| <br><b>TINJAUAN PUSTAKA</b>             | <br>2   |
| Bekatul                                 | 2       |
| Stabilisasi Bekatul                     | 6       |
| Fementasi Bekatul                       | 7       |
| Produk Pangan Fungsional                | 7       |
| <br><b>METODOLOGI</b>                   | <br>9   |
| Waktu dan Tempat                        | 9       |
| Metode Penelitian                       | 9       |
| Jenis dan Sumber Data                   | 9       |
| Teknik Pengumpulan Data                 | 10      |
| <br><b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>         | <br>11  |
| Hasil Analisis pada Stabilisasi Bekatul | 11      |
| Analisis FFA                            | 11      |
| Analisis PV                             | 14      |
| Analisis TBA                            | 16      |
| Hasil Analisis pada Fermentasi Bekatul  | 18      |
| Analisis Kadar Proksimat                | 18      |
| Analisis Kadar Asam Ferulat             | 20      |
| Analisis Kadar Total Fenol              | 23      |
| Analisis Kadar <i>γ-oryzanol</i>        | 25      |
| Analisis Kadar Flavonoid                | 27      |
| Hasil Analisis pada produk bekatul      | 29      |
| Analisis Proksimat                      | 29      |
| Analisis Antioksidan                    | 30      |
| <br><b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>         | <br>31  |
| Kesimpulan                              | 31      |
| Saran                                   | 31      |

## DAFTAR TABEL

|          |                                                           |    |
|----------|-----------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1  | Komponen Kimia dan Fitokimia Bekatul Beras                | 5  |
| Tabel 2  | Spesifikasi Jurnal yang digunakan                         | 9  |
| Tabel 3  | Perubahan Nilai FFA pada Stabilisasi Bekatul              | 12 |
| Tabel 4  | Perubahan Nilai PV pada Stabilisasi Bekatul               | 15 |
| Tabel 5  | Perubahan Nilai TBA pada Stabilisasi Bekatul              | 17 |
|          | Hasil Analisis pada produk bekatul                        | 20 |
| Tabel 7  | Hasil Analisis Asam Ferulat pada Fermentasi Bekatul       | 21 |
| Tabel 8  | Hasil Analisis Total Fenol pada Fermentasi Bekatul        | 24 |
| Tabel 9  | Hasil Analisis $\gamma$ -oryzanol pada Fermentasi Bekatul | 26 |
| Tabel 10 | Hasil Analisis Flavonoid pada Fermentasi Bekatul          | 28 |
| Tabel 11 | Hasil analisis proksimat aplikasi peroduk bekatul         | 30 |
| Tabel 12 | Hasil analisis kandungan antioksidan pada peroduk bekatul | 31 |

## DAFTAR GAMBAR

|           |                                                   |    |
|-----------|---------------------------------------------------|----|
| Gambar 1  | Bekatul                                           | 3  |
| Gambar 2  | Proses Penggilingan Gabah                         | 3  |
| Gambar 3  | Morfologi Gabah Kering                            | 4  |
| Gambar 4  | Pola Perubahan Nilai FFA pada Stabilisasi Bekatul | 14 |
| Gambar 5  | Pola Perubahan Nilai PV pada Stabilisasi Bekatul  | 16 |
| Gambar 6  | Pola Perubahan Nilai TBA pada Stabilisasi Bekatul | 18 |
| Gambar 7  | Pola Peningkatan Analisis Asam Ferulat            | 23 |
| Gambar 8  | Pola Perubahan Analisis Total Fenol               | 25 |
| Gambar 9  | Pola Perubahan Analisis $\gamma$ -oryzanol        | 27 |
| Gambar 10 | Pola Perubahan Analisis Flavonoid                 | 29 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|            |                                                               |    |
|------------|---------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1 | Perubahan nilai FFA pada stabilisasi bekatul                  | 35 |
| Lampiran 2 | Perubahan nilai PV pada stabilisasi bekatul                   | 36 |
| Lampiran 3 | Perubahan nilai TBA pada stabilisasi bekatul                  | 37 |
| Lampiran 4 | Perubahan asam ferulat pada fermentasi bekatul                | 38 |
| Lampiran 5 | Perubahan analisis total fenol pada fermentasi bekatul        | 39 |
| Lampiran 6 | Perubahan analisis $\gamma$ -oryzanol pada fermentasi bekatul | 40 |
| Lampiran 7 | Perubahan analisis flavonoid pada bekatul                     | 41 |

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Beras merupakan salah satu bahan pangan sereal yang menjadi makanan pokok sebagian besar penduduk dunia, terutama di negara-negara Asia. Indonesia menjadi salah satu negara penghasil padi terbesar ketiga di dunia setelah China dan India (FAO 2016). Produksi padi di Indonesia pada tahun 2019 sebesar 54.60 juta ton (BPS 2019), sehingga menghasilkan bekatul sebanyak 4.36 hingga 5.46 juta ton. Proses penggilingan padi menjadi beras menghasilkan 70% beras, serta menghasilkan produk samping berupa 20% sekam dan 8 hingga 10% bekatul (Chen *et al.* 2012). Hasil samping penggilingan padi berupa bekatul sampai saat ini hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, karena masih banyak masyarakat yang belum mengetahui manfaat bekatul bagi kesehatan (Tuarita *et al.* 2017).

Bekatul merupakan bagian yang biasanya tidak diinginkan tercampur pada beras dikarenakan dapat menimbulkan ketengikan, memperpendek umur simpan beras, dan warna coklat pada beras yang berasal dari bekatul kurang diminati oleh konsumen (Astawan & Febrianda 2010). Bekatul menjadi salah satu hasil samping penggilingan padi yang dapat dimanfaatkan dalam pengolahan pangan sebagai pangan fungsional.

Kandungan lemak yang tinggi pada bekatul menyebabkan ketengikan dan memperpendek umur simpan bekatul, sehingga perlu dilakukan perlakuan untuk mencegah ketengikan pada bekatul. Salah satu cara untuk mencegah ketengikan pada bekatul yaitu dengan stabilisasi bekatul (Kusumawati *et al.* 2013). Stabilisasi merupakan proses inaktivasi enzim lipase dan lipoksigenase pasca penggilingan gabah. Stabilisasi pada bekatul dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode *ohmic heating*, *radio frequency*, *Infrared*, autoklaf, oven, *microwave*, dan ekstruder (Patil *et al.* 2016, Wang *et al.* 2017).

Bekatul memiliki kandungan zat-zat nutrisi dan komponen bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Kandungan nutrisi pada bekatul yaitu protein, lemak, serat, karbohidrat, vitamin, dan mineral (Kahlon 2009). Komponen bioaktif pada bekatul seperti asam ferulat, asam fitat, asam kafeik, trisin,  $\gamma$ -oryzanol, dan tokoferol (Norazalina *et al.* 2010). Kandungan nutrisi dan komponen bioaktif pada bekatul dapat ditingkatkan salah satunya yaitu dengan proses

fermentasi. Fermentasi pada bekatul dapat memperbaiki nilai gizi bekatul, karakteristik sensori dan fungsionalitas (Faizah 2019).

Komponen bioaktif dan kandungan nutrisi pada bekatul yang memiliki manfaat bagi kesehatan sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional (Tuarita *et al.* 2017). Beberapa pemanfaatan bekatul sebagai bahan pangan fungsional yaitu dalam pembuatan produk *snack bar*, sereal, *oat*, roti, mie, dan produk hasil fermentasi lainnya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadikan masyarakat lebih mengetahui pengaruh stabilisasi dan fermentasi pada bekatul serta pemanfaatan bekatul sebagai salah satu bahan pangan fungsional yang dapat dijadikan sebagai produk pangan yang memiliki kandungan nutrisi yang baik bagi tubuh.

### **Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh metode terbaik dari pengaruh perlakuan stabilisasi bekatul terhadap penurunan nilai FFA, PV, dan TBA dari berbagai literatur. Menentukan berbagai mikroba terbaik terhadap peningkatan senyawa kimia dan fitokimia bekatul terfermentasi. Menentukan penambahan formulasi bekatul pada aplikasi produk pangan mie dan roti pada analisis proksimat dan antioksidan berdasarkan kajian pustaka.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Bekatul**

Beras adalah salah satu bahan pangan sereal yang menjadi makanan pokok utama hampir sebagian penduduk di dunia. Padi (*Oryza sativa*) memiliki dua jenis sub-spesies utama yaitu *japonica* dan *indica*. Jenis padi *japonica* merupakan jenis padi bulu yang banyak ditanam di daerah sub tropis seperti di negara China, Korea, Rusia, dan Amerika, sedangkan jenis padi *Indica* yang merupakan jenis padi cere banyak ditanam di negara tropis, seperti di negara Asia Tenggara khususnya Indonesia (Calpe 2006, Koswara 2009).

Bekatul merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi yang berasal dari lapisan terluar beras yang memiliki serbuk halus (Sukma *et al.* 2010). Bekatul juga

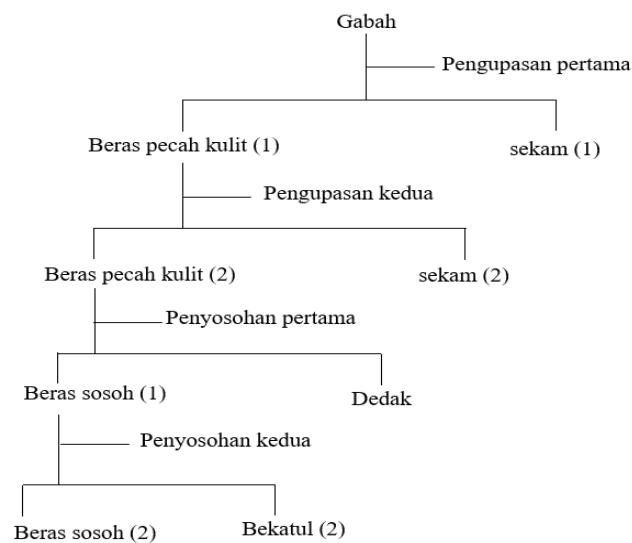
dapat diartikan sebagai hasil samping yang diperoleh dari hasil penyosohan kedua pada proses penggilingan beras (Gambar 1).

Pemanfaatan bekatul di Indonesia umumnya digunakan sebagai pakan ternak, sementara di beberapa negara diluar negeri sudah banyak memanfaatkan bekatul sebagai bahan pangan fungsional (Purnomo *et al.* 2013).



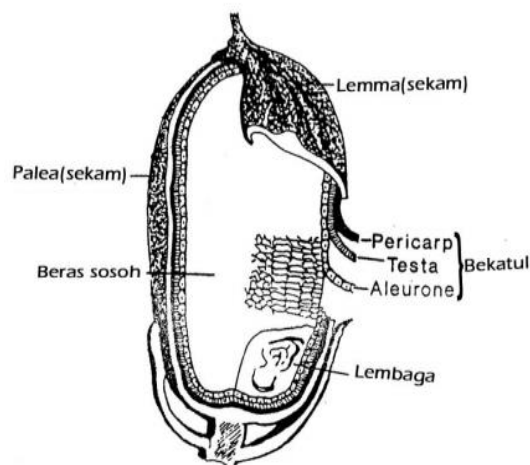
Gambar 1 Bekatul

Proses penggilingan padi selain menghasilkan beras sebagai hasil utama, dihasilkan pula hasil samping pada proses penggilingan padi berupa bekatul, dedak, sekam, dan lembaga. Proses penggilingan gabah pengupasan pertama dan kedua didapatkan hasil beras pecah kulit (1) dan sekam (1), proses pengupasan kedua pada beras pecah kulit pertama (1) didapatkan hasil beras pecah kulit (2) dan sekam (2), proses penyosohan pertama pada beras pecah kulit (2) didapatkan hasil beras sosoh (1) dan dedak, proses penyosohan kedua pada beras sosoh (1) diperoleh hasil beras sosoh (2) dan bekatul (Gambar 2). Bekatul yang didapatkan dari hasil penyosohan kemudian diayak untuk memisahkan bekatul dengan sekam dan menir (Janathan 2007).



Gambar 2 Proses penggilingan gabah

Proses penggilingan gabah menjadi beras menghasilkan 70% beras, 20% sekam, lembaga 20%, dan 8% bekatul (Gut *et al.* 2015). Menurut Suryani (2017), proses penggilingan gabah menjadi beras menghasilkan sekitar 60 hingga 65% beras dan 8 hingga 12% bekatul. Bekatul terdiri atas lapisan perikarp, *testa bran layers*, dan aleurone atau kulit ari beras (Aritonang 2012). Gambar 3 menunjukkan morfologi gabah kering. Morfologi gabah kering menunjukkan bagian-bagian biji padi yang terdiri dari bagian sekam (lemma dan palea), bagian beras sosoh (endosperma), bagian biji (lembaga), dan bagian bekatul (pericarp, testa, dan aleuron).



Gambar 3 Morfologi gabah kering

Lapisan pada bekatul yang terdiri atas prikarip, testa, dan aleurone memiliki kandungan nutrisi seperti karbohidrat, lemak, protein, serat, vitamin, dan mineral serta komponen bioaktif (Norhaizan *et al.* 2013). Kandungan nutrisi pada bekatul seperti kadar lemak, protein, karbohidrat, dan serat dipengaruhi oleh adanya perbedaan lapisan luar pada bekatul dan proses penyosohan gabah (Fernando 2013). Bekatul beras merupakan salah satu bahan pangan sumber serat. Bekatul memiliki kandungan serat yang lebih banyak dari serat pangan pada dedak oat, serat pangan pada bekatul sebanyak 25 hingga 35% (Astawan & Febrianda 2010). Kandungan serat pangan yang terdapat pada bekatul yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin, dan  $\beta$ -glucan (Kyut *et al.* 2001, Luthfianto *et al.* 2017). Bekatul memiliki kandungan nutrisi lemak 16.80 hingga 23.75%, protein kasar 13.20 hingga 13.37%, karbohidrat 42.32 hingga 51.99%, serat 13.56 hingga 17.98%, kadar air 8.54 hingga 9.70%, dan kadar abu 9.47 hingga 10.86% (Hartatiet *al.* 2015). Kandungan

nutrisi, senyawa fenolik, dan komponen fitokimia lain pada bekatul dari beberapa varietas padi berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Amir (2018), kandungan nutrisi dan komponen fenolik pada bekatul dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu varietas padi yang digunakan, proses penggilingan padi, kondisi lingkungan, metode analisis zat gizi yang digunakan, dan penyebaran kandungan nutrisi dalam butiran padi seperti ketebalan lapisan luar padi, bentuk, dan ukuran padi. Komponen kimia dan fitokimia bekatul dari tiga jenis beras (beras putih, beras merah, dan beras hitam) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komponen kimia dan fitokimia bekatul dari tiga jenis beras

| Komponen            | Satuan    | Bekatul<br>beras putih | Bekatul<br>beras merah | Bekatul<br>beras hitam |
|---------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Protein             | %bk       | 12.07                  | 12.93                  | 13.27                  |
| Lemak               | %bk       | 16.96                  | 17.32                  | 15.85                  |
| Karbohidrat         | %bk       | 42.54                  | 45.06                  | 41.23                  |
| Serat               | %bk       | 11.77                  | 12.68                  | 12.11                  |
| Abu                 | %bk       | 10.78                  | 11.41                  | 9.72                   |
| Komponen fenolik    | mg/g      | 1.96                   | 4.39                   | 6.65                   |
| Asam fitat          | mg/g      | 48.15                  | 39.91                  | 35                     |
| $\gamma$ -oryzanol  | mg/g      | 1.52                   | 8.58                   | 9.12                   |
| $\alpha$ -tokoferol | $\mu$ g/g | 4.57                   | 44                     | 4.57                   |
| $\gamma$ -tokoferol | $\mu$ g/g | 37.97                  | 25                     | 35.31                  |

Sumber: Moongnarm *et al.* (2012)

Bekatul beras putih, beras merah, dan beras hitam memiliki kandungan nutrisi dan senyawa fenolik serta antioksidan yang memiliki manfaat bagi tubuh. Kandungan asam kumarat, asam fitat, asam ferulat, asam kafeat, trisin,  $\gamma$ -oryzanol, vitamin E, fitosterol, dan karetonoid pada bekatul dapat memberikan manfaat bagi kesehatan tubuh (Henderson *et al.* 2012). Asam ferulat yang termasuk dalam senyawa fenolik pada bekatul memiliki manfaat dapat menghambat terjadinya kanker (Phutthaphadoong *et al.* 2010).

Selain asam ferulat, adanya senyawa  $\gamma$ -oryzanol pada bekatul dapat mengurangi kolesterol (Minatel *et al.* 2016). Bagian padi yang menjadi sumber  $\gamma$ -oryzanol paling banyak terdapat pada bekatul, diikuti oleh beras pecah kulit, beras giling, dan sekam (Bustsat & Siriamornpun 2010). Kandungan nutrisi dan komponen bioaktif pada bekatul yang baik bagi tubuh dan kesehatan manusia memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif bahan pangan dan pemanfaatannya sebagai pangan fungsional

## Stabilisasi Bekatul

Bekatul segar mudah mengalami ketengikan selama proses penggilingan dan penyimpanan sehingga memiliki umur simpan yang pendek dikarenakan adanya kandungan lemak yang tinggi pada bekatul serta adanya enzim hidrolitik terutama lipase dan ketengikan oksidatif yang berperan dalam hidrolisis trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas atau *free fatty acids* (FFA) (Irakli *et al.* 2018). Enzim hidrolitik merupakan enzim yang bekerja dengan adanya air dalam bahan pangan (Budijanto *et al.* 2012).

Enzim lipase pada bekatul terdapat pada lapisan biji dan lapisan melintang pada beras (Octaviane 2014). Ketengikan pada bekatul menyebabkan pemanfaatan bekatul dalam pangan masih terbatas, sehingga untuk dapat mengurangi ketengikan dan bekatul menjadi produk *food grade* yang memiliki kualitas penyimpanan yang baik dan bernilai tinggi, maka seluruh komponen penyebab kerusakan pada bekatul harus dikeluarkan atau dihambat (Astawan & Febrianda 2010). Metode yang sesuai untuk mengurangi ketengikan sehingga dapat memperpanjang umur simpan bekatul yaitu dengan stabilisasi bekatul.

Stabilisasi bekatul merupakan upaya yang dilakukan untuk memperpanjang umur simpan bekatul dan mencegah terjadinya oksidasi atau ketengikan karena adanya enzim lipase dan lipoksigenase. Proses stabilisasi bekatul bertujuan untuk dapat menghilangkan atau mencegah aktivitas enzim lipase pada bekatul (Tuarita *et al.* 2017). Enzim lipase adalah enzim hidrolase yang dapat mengkatalis proses hidrolisis trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas (Thakur 2012).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap berbagai metode pemanasan pada bekatul untuk menghilangkan kandungan lipase pada bekatul. Menurut randall *et al.* (1985), perlakuan pemanasan merupakan salah satu metode yang murah dan praktis untuk mengurangi kandungan lipase pada bekatul segar setelah proses penggilingan. Berbagai metode stabilisasi bekatul yang telah dikembangkan antara lain yaitu metode autoklaf, ekstruder, pemanggangan, *ohmic heating*, *microwave*, dan radiasi *infrared* (Damayanthi 2002, Sharma *et al.* 2004, Silva *et al.* 2006, Dhingra *et al.* 2012, Yilmaz *et al.* 2014, Patil *et al.* 2016, Wang *et al.* 2017).

### **Fermentasi Bekatul**

Fermentasi adalah proses pemecahan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan melibatkan bantuan mikroba (Pujaningsih 2005). Terdapat dua teknik dalam fermentasi yaitu fermentasi dengan menggunakan media padat dan fermentasi dengan kultur terendam. Kedua teknik fermentasi ini harus memenuhi kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba seperti sumber nitrogen, karbon, hidrogen, dan mineral (Faizah 2019).

Proses fermentasi pada bekatul dapat meningkatkan kandungan nutrisi pada bekatul dibanding dengan bekatul tanpa proses fermentasi (Hardini 2010). Menurut hasil penelitian yang dilakukan Yosi *et al.* (2004) proses fermentasi juga dapat mempengaruhi organoleptik pada produk seperti dapat menghasilkan aroma yang disukai. Bekatul yang difermentasi dengan menggunakan kapang *Rhizopus sp.* selama 3 hari dapat menghasilkan aroma yang harum bekatul. Aroma harum yang dihasilkan pada proses fermentasi bekatul berasal dari proses degradasi zat nutrisi selama proses fermentasi bekatul menghasilkan senyawa ester. Degradasi yang terjadi yaitu dihasilkan dari kapang *Rhizopus sp.* melalui proses degradasi lemak oleh enzim lipase (Siswono 2002).

Fermentasi dapat meningkatkan kadar senyawa fenolik, hal tersebut dikarenakan selama proses fermentasi mikroba menghasilkan enzim yang dapat mendegradasi senyawa fenolik terikat membentuk senyawa fenolik bebas (Rhasid 2011). Proses fermentasi juga dapat memperbaiki stabilitas, parabilitas, dan nilai nutrisi bekatul (Ryan *et al.* 2011). Fermentasi kapang dapat meningkatkan avabilitas senyawa bioaktif pada bekatul dikarenakan kapang yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi matriks lignoselulosa dan polisakarida secara enzimatik (Schmidt & Furlong 2012).

### **Produk Pangan Fungsional**

Pangan fungsional merupakan makanan yang memiliki manfaat bagi tubuh diluar zat gizi dan nutrisi yang tersedia dalam makanan (Deroos 2004). Pangan fungsional memiliki tujuan untuk dapat meningkatkan imunitas tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu pemulihan tubuh serta dapat menjaga kondisi fisik

(Winarti 2010). Berbagai macam produk pangan fungsional yang telah dikembangkan saat ini seperti probiotik, prebiotik, minuman fungsional, serat fungsional, sereal fungsional, daging fungsional, dan produk beras analog (Kusumayanti *et al.* 2016).

Pangan fungsional memiliki syarat yang harus dimiliki oleh suatu produk sehingga dapat dikatakan sebagai pangan fungsional. Syarat tersebut antara lain pangan fungsional berupa produk pangan yang berasal dari bahan alami, bukan berbentuk tablet atau kapsul, aman untuk dikonsumsi, tidak mengurangi nilai gizinya, pangan fungsional harus layak untuk dikonsumsi sebagai menu makanan sehari-hari, memiliki fungsi tertentu ketika dicerna, dapat memberikan peran dalam proses tertentu pada tubuh, dapat membantu memulihkan kondisi tubuh setelah sakit, dan dapat memperlambat proses penuaan (Dianai 2010) .

Bekatul merupakan salah satu bahan pangan yang dapat dijadikan sebagai pangan fungsional. Bekatul berpotensi sebagai pangan fungsional karena memiliki kandungan gizi dan karakteristik yang dimiliki bekatul (Astawan & Febrianda 2010). Bekatul memiliki salah satu potensi fungsional yaitu antioksidan seperti oryzanol dan antikanker seperti asam ferulat (Damayanthi *et al.* 2004, Li *et al.* 2011, Hartati *et al.* 2015). Berbagai macam riset secara *in vitro* dan *in vivo* terhadap mekanisme kompreventif bekatul. Bekatul dapat mencegah penyakit kanker dengan mekanisme proteksi terhadap radikal bebas, menghambat proliferasi sel kanker, memodulasi sistem imun, dapat antiinflamasi dan memperoteksi mukosa dengan mempengaruhi transformasi mikrobial (Henderson *et al.* 2012).

Bekatul memiliki kandungan gizi dan komponen bioaktif yang berpotensi dapat dijadikan sebagai bahan pangan pada pangan fungsional. Pemanfaatan bekatul sebagai bahan pangan pada produk pangan fungsional diantaranya yaitu dalam pembuatan produk *snack bar*, sereal, *oat*, dan produk hasil fermentasi lainnya. Selain itu, menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan, bekatul memiliki kandungan serat pangan dan minyak yang dapat dimanfaatkan pada berbagai produk pangan seperti pasta, roti, mie, kue, dan produk pangan lainnya (Gul *et al.* 2015).

## METODOLOGI

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian berupa seleksi jurnal, analisis data, dan pembahasan dimulai pada bulan September 2020 sampai Januari 2021, bertempat di Universitas Trilogi, Jakarta.

### Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian yaitu dengan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan konsep, menganalisis, membandingkan, dan mentabulasi data yang sesuai dengan sumber referensi terpublikasi nasional maupun internasional berupa jurnal penelitian, skripsi, tesis, dan buku.

### Jenis dan Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini menggunakan data sekunder. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari jurnal. Jurnal yang terpilih merupakan jurnal internasional yang terindeks *Scopus* dan ISSN (*International Standard of Serial Number*). Berdasarkan seleksi didapatkan tiga puluh jurnal yang terbagi menjadi enam jurnal membahas tentang pengaruh stabilisasi bekatul, dua puluh jurnal membahas fermentasi bekatul, dan empat jurnal membahas aplikasi bekatul pada produk (Tabel 2).

Tabel 2 Spesifikasi jurnal yang digunakan

| Referensi              | Tahun | Studi | Senyawa yang dianalisis | Stabilisasi       | Fermentasi Mikroba                           | Aplikasi produk |
|------------------------|-------|-------|-------------------------|-------------------|----------------------------------------------|-----------------|
| Dhingra <i>et al.</i>  | 2012  | 1     | FFA                     | Ohmic heating     | –                                            | –               |
| Loyyimay <i>et al.</i> | 2009  | 2     | FFA                     | Ohmic heating     | –                                            | –               |
| Tuncel & Fatma         | 2020  | 3     | PV                      | Infrared          | –                                            | –               |
| Rong He <i>et al.</i>  | 2018  | 4     | PV                      | Infrared          | –                                            | –               |
| Patil <i>et al.</i>    | 2018  | 5     | TBA                     | Microwave         | –                                            | –               |
| Pongrat & Sirichai     | 2019  | 6     | TBA                     | Microwave         | –                                            | –               |
| Hedge <i>et al.</i>    | 2006  | 7     | Asam ferulat            | Autoklaf (121 °C) | <i>A. niger</i>                              | –               |
| Ryan <i>et al.</i>     | 2011  | 8     | Asam ferulat            | Autoklaf (121 °C) | <i>S. bouldardi</i>                          | –               |
| Oliveira <i>et al.</i> | 2011  | 9     | Asam ferulat            | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oryzae</i>                             | –               |
|                        |       |       | Total fenol             |                   |                                              |                 |
| Kim & Gi dong          | 2011  | 10    | Asam ferulat            | Autoklaf (121 °C) | <i>I. orientalis</i>                         | –               |
| Zubaidah <i>et al.</i> | 2012  | 11    | Total fenol             | Autoklaf (121 °C) | <i>L. plantarum</i><br><i>L. acidophilus</i> | –               |

Tabel 2 Lanjutan spesifikasi jurnal yang digunakan

| Referensi               | Tahun | Studi | Senyawa yang dianalisis           | Stabilisasi       | Fermentasi Mikroba                                                 | Aplikasi produk |
|-------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Schmidt & Furlong       | 2012  | 12    | Total fenol                       | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oryzae</i>                                                   | –               |
| Kupski <i>et al.</i>    | 2012  | 13    | Proksimat<br>Total fenol          | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oryzae</i>                                                   | –               |
| Schmidt <i>et al.</i>   | 2014  | 14    | Asam ferulat                      | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oryzae</i>                                                   | –               |
| Rashid <i>et al.</i>    | 2015  | 15    | Asam ferulat<br>Total fenol       | Autoklaf (121 °C) | <i>P. acidilactici</i><br><i>L. lactis</i><br><i>P. pentoseous</i> | –               |
| Razak <i>et al.</i>     | 2015  | 16    | Asam ferulat                      | Autoklaf (120 °C) | <i>R. oligosporus</i><br><i>M. purpureus</i>                       | –               |
| Cheng <i>et al.</i>     | 2016  | 17    | Flavonoid                         | Autoklaf (121 °C) | <i>M. pilosus</i>                                                  | –               |
| Jung <i>et al.</i>      | 2017  | 18    | Total fenol<br>$\gamma$ -oryzanol | Autoklaf (121 °C) | <i>L. edodes</i>                                                   | –               |
| Massarolo <i>et al.</i> | 2017  | 19    | $\gamma$ -oryzanol                | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oryzae</i>                                                   | –               |
| Shin <i>et al.</i>      | 2018  | 20    | Total fenol<br>Asam ferulat       | Autoklaf (121 °C) | <i>A. awamori</i><br><i>A. oryzae</i>                              | –               |
| Nisa <i>et al.</i>      | 2018  | 21    | Total Fenol                       | Autoklaf (121 °C) | <i>L. plantarum</i><br><i>L. lactis</i>                            | –               |
| Le <i>et al.</i>        | 2019  | 22    | $\gamma$ -oryzanol                | Autoklaf (121 °C) | <i>L. lactis</i>                                                   | –               |
| Noviasari <i>et al.</i> | 2019  | 23    | $\gamma$ -oryzanol                | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oligosporus</i>                                              | –               |
| Faizah <i>et al.</i>    | 2020  | 24    | Total fenol<br>$\gamma$ -oryzanol | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oryzae</i>                                                   | –               |
| Ritthibut <i>et al.</i> | 2020  | 25    | Proksimat<br>Total fenol          | Autoklaf (121 °C) | <i>A. brasiliensis</i><br><i>A. awamori</i><br><i>A. sojae</i>     | –               |
| Jamarny & gunathilake   | 2020  | 26    | Total fenol<br>Flavonoid          | Autoklaf (121 °C) | <i>R. oryzae</i>                                                   | –               |
| Irakli <i>et al.</i>    | 2015  | 27    | Proksimat                         | Oven              | <i>S. cerevisiae</i>                                               | Roti            |
| Irakli <i>et al.</i>    | 2019  | 28    | Proksimat                         | Infrared          | <i>S. cerevisiae</i>                                               | Roti            |
| Kong <i>et al.</i>      | 2012  | 29    | Proksimat<br>Antioksidan          | Autoklaf (121 °C) | –                                                                  | Mie             |
| Tuncel <i>et al.</i>    | 2017  | 30    | Proksimat<br>Antioksidan          | Infrared          | –                                                                  | Mie             |

Keterangan: (-) tidak ada fermentasi mikroba dan aplikasi produk

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan studi pustaka. Studi Pustaka merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan melakukan kajian ilmiah sesuai dengan buku-buku dan literatur yang berkaitan dengan masalah yang dipecahkan. Teknik pengumpulan data digunakan untuk mendapatkan dasar-dasar dan kesimpulan secara tertulis yang dilakukan dengan cara mempelajari berbagai literatur yang berkaitan dengan masalah yang diteliti. Hal ini sama dilakukan untuk memperoleh data sekunder dari berbagai literatur, jurnal penelitian, buku, dan sumber-sumber lain yang relevan (Nazir 2013).

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini digunakan untuk mendeskripsikan metode terbaik dari pengaruh perlakuan stabilisasi bekatul, pengaruh jenis mikroba

terbaik pada fermentasi bekatul terhadap peningkatan senyawa kimia dan fitokimia bekatul terfermentasi, serta pengaruh penambahan bekatul pada aplikasi produk pangan. Pengumpulan dan pengkajian data dikategorikan menjadi analisis FFA, PV, dan TBA pada stabilisasi bekatul, analisis proksimat, analisis analisis asam ferulat, analisis total fenol, analisis  $\gamma$ -oryzanol, dan analisis flavonoid pada fermentasi bekatul, serta analisis proksimat dan analisis antioksidan pada aplikasi produk bekatul.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Analisis pada Stabilisasi Bekatul**

Analisis stabilisasi pada bekatul ditujukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan stabilisasi pada bekatul dengan tiga metode stabilisasi yaitu metode *ohmic heating*, *Infrared*, dan *microwave*. Analisis pada stabilisasi bekatul terdiri atas analisis *Free fatty acid* (FFA), analisis *Thiobarbituric acid number* (TBA), dan nilai peroksida (PV).

### **Analisis FFA**

Analisis asam lemak bebas pada bekatul merupakan komponen penting pada proses stabilisasi bekatul. Bekatul yang memiliki nilai FFA (*Free fatty acid*) atau asam lemak bebas lebih dari 10% tidak layak untuk dikonsumsi sebagai bahan pangan (Ihsan 2011). Kandungan asam lemak bebas pada bekatul yang tinggi selama penyimpanan dapat dikurangi dengan stabilisasi lipase yang terdapat pada bekatul. Komponen asam lemak bebas pada bekatul dianalisis dengan menggunakan metode AOCS (*American Oil Chemist Society*).

Peningkatan asam lemak bebas pada bekatul terbentuk karena adanya proses oksidasi dan hidrolisis enzim selama proses pengolahan dan penyimpanan (Nurhasnawati *et al.* 2015). Tinggi rendahnya asam lemak bebas juga berkaitan dengan kandungan kadar air. Semakin tinggi kandungan kadar air maka akan terjadi reaksi hidrolisis yang dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas, begitu pula sebaliknya, semakin rendah kandungan kadar air maka kadar asam lemak bebas semakin berkurang (Bouta *et al.* 2020). Asam lemak bebas dihasilkan melalui reaksi

hidrolisis yang dapat disebabkan oleh kadar air, enzim, ataupun aktivitas mikroorganisme (Meilina *et al.* 2010).

Hasil peningkatan *Free fatty acid* (FFA) pada stabilisasi bekatul perlakuan kontrol tertinggi yaitu pada penelitian Tuncel & Fatma (2020) dengan metode *infrared* yang telah melewati batas penerimaan (10%) pada penyimpanan hari ke-60 yaitu sebesar 70%. Perlakuan kontrol tertinggi kedua yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Patil *et al.* (2018) dengan metode *microwave* melewati batas penerimaan (10%) pada penyimpanan hari ke-60 yaitu sebesar 63.93%, sedangkan adanya perlakuan stabilisasi dengan metode *microwave* dapat mengurangi pembentukan FFA sebesar 2.04% pada penyimpanan hari ke-60. Perlakuan stabilisasi pada penelitian Devindeer *et al.* (2012) dengan metode *ohmic heating* dapat menghambat peningkatan pada FFA sebesar 5% selama 60 hari penyimpanan, sementara peningkatan asam lemak bebas pada perlakuan kontrol penyimpanan 60 hari sebesar 34.50% telah melewati batas penerimaan (10%) (Tabel 3).

Tabel 3 Perubahan nilai FFA pada stabilisasi bekatul

| Referensi              | Studi | Metode               | Perlakuan             | Waktu Penyimpanan (Hari) |       |       |       |       |
|------------------------|-------|----------------------|-----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                        |       |                      |                       | 0                        | 15    | 30    | 45    | 60    |
| Devinder <i>et al.</i> | 1     | <i>Ohmic heating</i> | Kontrol               | 4.77                     | 4.98  | 7.50  | 17.50 | 34.50 |
|                        |       |                      | OH (20 °C, 5 min)     | 1.70                     | 1.50  | 2.50  | 3.50  | 5.00  |
| Loypimay <i>et al.</i> | 2     | <i>Ohmic heating</i> | Kontrol               | 1.90                     | 4.90  | 11.90 | –     | –     |
|                        |       |                      | OH (4 °C, 15 min)     | 1.39                     | 1.85  | 1.95  | –     | –     |
| Tuncel & Fatma         | 3     | <i>Infrared</i>      | Kontrol               | 3.00                     | 35.00 | 45.00 | 50.00 | 70.00 |
|                        |       |                      | IR (25 °C)            | 2.50                     | 7.00  | 7.30  | 9.00  | 11.00 |
| Patil <i>et al.</i>    | 5     | <i>Microwave</i>     | Kontrol               | 1.10                     | 42.86 | 53.94 | 57.70 | 63.93 |
|                        |       |                      | MW (25 °C, 15.75 min) | 0.98                     | 1.35  | 1.44  | 1.50  | 2.04  |

Keterangan: (-) Tidak dianalisis

Perbandingan pola perubahan nilai FFA pada penelitian Devindeer *et al.* (2012) garis berwarna coklat, penelitian Tuncel & Fatma (2020) garis berwarna hijau, penelitian Patil *et al.* (2018) garis berwarna biru menunjukkan pola peningkatan nilai FFA pada bekatul selama 60 hari penyimpanan (Gambar 4). Perlakuan kontrol penelitian Tuncel & Fatma (2020) dan kontrol penelitian Patil *et al.* (2018) menunjukkan hasil perubahan nilai FFA selama 15 hari penyimpanan telah melewati batas penerimaan (10%) yaitu sebesar 35% dan 42.86%. Sementara pada perlakuan kontrol penelitian yang dilakukan oleh Devinder *et al.* (2012) menunjukkan pola peningkatan nilai FFA telah melewati batas (10%) yaitu pada

bekatul yang disimpan selama 45 hari penyimpanan menunjukkan peningkatan nilai FFA sebesar 17.50%.

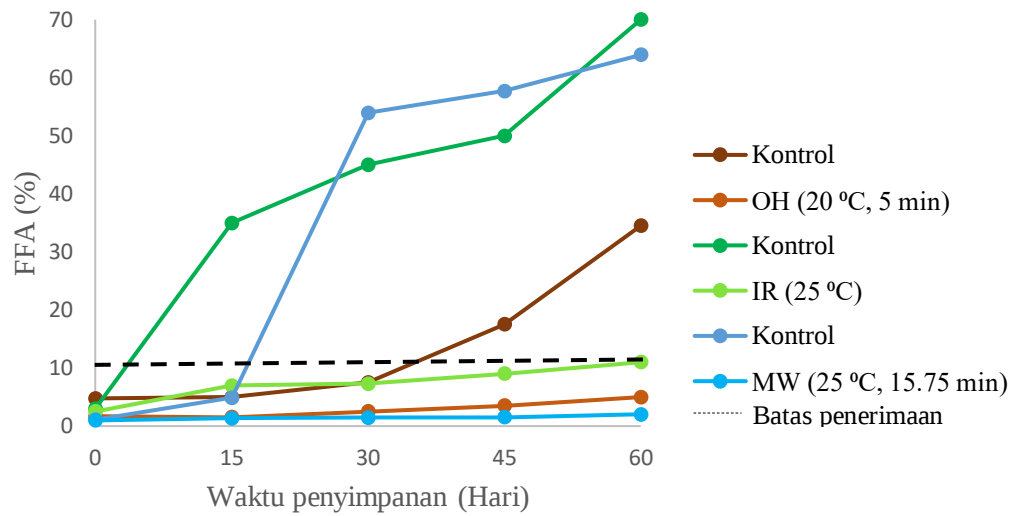
Bekatul yang telah distabilisasi dengan metode *ohmic heating* penelitian yang dilakukan oleh Devinder *et al.* (2012) dan metode *microwave* penelitian Patil *et al.* (2018) menunjukkan pola peningkatan nilai FFA yang lebih lambat dari perlakuan kontrol hingga 60 hari penyimpanan. Sementara nilai FFA pada bekatul yang distabilisasi dengan menggunakan metode *infrared* pada penelitian Tuncel & Fatma (2020) menunjukkan pola peningkatan melebihi batas penerimaan (10%) selama 60 hari penyimpanan (Gambar 4).

Nilai FFA pada bekatul yang distabilisasi selama 60 hari penyimpanan menunjukkan perlakuan stabilisasi bekatul pada penelitian Patil *et al.* (2018) dengan menggunakan metode *microwave* dapat menghambat nilai asam lemak bebas pada bekatul sebesar 2.04%. Sementara nilai FFA pada stabilisasi bekatul dengan menggunakan metode *Infrared* pada penelitian Tuncel & Fatma (2020) selama 60 hari penyimpanan menunjukkan pola peningkatan melebihi batas penerimaan (10%) yaitu sebesar 11% (Gambar 4).

Pola kenaikan asam lemak bebas pada bekatul dipengaruhi oleh lama penyimpanan bekatul, varietas bekatul yang digunakan, dan kadar air pada bekatul. Semakin singkat waktu antara bekatul yang telah diperoleh kemudian dilakukan proses stabilisasi, maka kemungkinan meningkatnya asam lemak bebas dan aroma tengik pada bekatul akan semakin rendah (Budijanto *et al.* 2010). Tingginya kandungan asam lemak bebas pada bekatul disebabkan akibat adanya oksidasi dan hidrolisis lemak, sehingga dengan adanya proses stabilisasi pada bekatul mencegah kerusakan pada bekatul lebih lanjut (Tuarita *et al.* 2017).

Perlakuan stabilisasi pada bekatul dapat menghambat terjadinya peningkatan asam lemak bebas selama penyimpanan. Bekatul yang distabilisasi dengan *microwave* pada waktu penyimpanan selama 60 hari tidak melewati batas penerimaan (10%), sehingga dapat dikonsumsi oleh manusia, sementara nilai FFA pada bekatul yang melewati batas penerimaan 10% tidak dapat dikonsumsi manusia (Loypimay *et al.* 2009). Sehingga metode stabilisasi pada bekatul dengan metode

*microwave* efektif untuk perlakuan stabilisasi bekatul dalam mengurangi kandungan *Free fatty acid* (FFA) atau asam lemak bebas.



Gambar 4 Pola perubahan nilai FFA pada stabilisasi bekatul

### Analisis PV

Analisis bilangan peroksida atau *peroxide value* (PV) merupakan parameter yang banyak digunakan untuk mengukur bilangan peroksida sebagai produk oksidasi primer dari asam lemak tidak jenuh pada tahap propagasi. Meningkatnya nilai PV pada suatu produk selama penyimpanan menandakan jumlah minyak pada produk.

Hasil menunjukkan nilai awal bekatul segar (perlakuan kontrol) berkisar antara 1.25 hingga 2.50 meq/kg. Sementara pada nilai awal pada bekatul yang terstabilisasi berkisar antara 0.15 hingga 1.75 meq/kg, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tuncel & Fatma (2020) yang menyatakan bahwa nilai PV tidak boleh melebihi 10 meq/kg pada bekatul untuk menghindari adanya ketengikan pada bekatul.

Peningkatan nilai PV tertinggi stabilisasi bekatul yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh He *et al.* (2018) perlakuan kontrol metode *infrared* jam ke-60 memiliki nilai PV sebesar 19.00 meq/kg (melebihi 10 meq/kg), sedangkan adanya perlakuan stabilisasi metode *infrared* dapat mengurangi terbentuknya PV sebesar 2.90 meq/kg selama penyimpanan 60 hari. Sementara perlakuan stabilisasi pada

penelitian Pongrat & Sirichai (2019) dengan metode *microwave* dapat mengurangi terbentuknya PV selama 5.50 meq/kg selama 60 hari penyimpanan (Tabel 4).

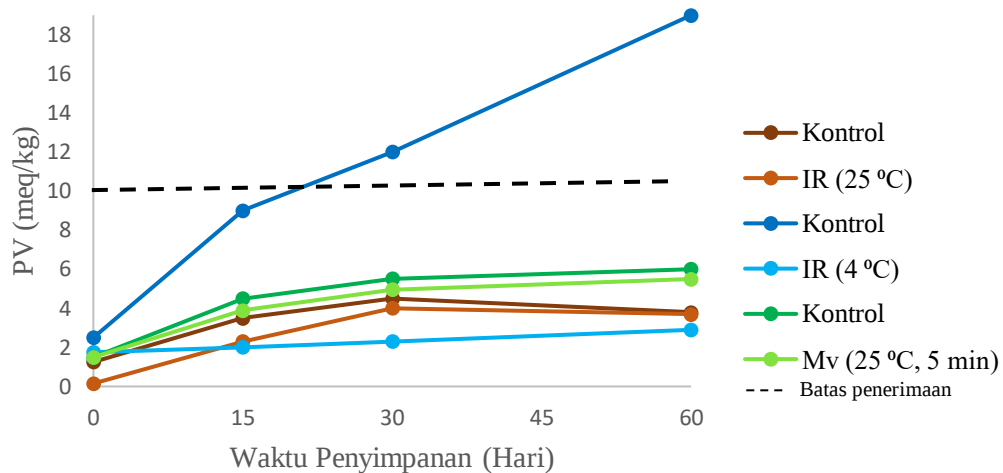
Tabel 4 Perubahan nilai PV pada stabilisasi bekatul

| Referensi          | Studi | Metode           | Perlakuan         | Waktu Penyimpanan (Hari) |      |       |       |       |
|--------------------|-------|------------------|-------------------|--------------------------|------|-------|-------|-------|
|                    |       |                  |                   | 0                        | 15   | 30    | 45    | 60    |
| Tuncel & Fatma     | 3     | <i>Infrared</i>  | Kontrol           | 1.25                     | 3.50 | 4.50  | 2.50  | 3.80  |
|                    |       |                  | IR (4 °C)         | 0.15                     | 2.30 | 4.00  | 3.00  | 3.70  |
| He <i>et al.</i>   | 4     | <i>Infrared</i>  | Kontrol           | 2.50                     | 9.00 | 12.00 | 16.00 | 19.00 |
|                    |       |                  | IR (25 °C)        | 1.75                     | 2.00 | 2.30  | 2.70  | 2.90  |
| Pongrat & Sirichai | 6     | <i>Microwave</i> | Kontrol           | 1.50                     | 4.50 | 5.52  | –     | 6.00  |
|                    |       |                  | Mv (25 °C, 5 min) | 1.50                     | 3.90 | 4.95  | –     | 5.50  |

Keterangan: (-) Tidak dianalisis

Perbandingan pola perubahan pada penelitian Tuncel & Fatma (2020) garis berwarna biru, penelitian He *et al.* (2018) garis berwarna coklat, dan penelitian Pongrat & Sirichai (2019) garis berwarna biru menunjukkan pola peningkatan nilai PV pada bekatul selama 60 hari penyimpanan (Gambar 5). Pola kenaikan nilai PV pada perlakuan kontrol pada penelitian He *et al.* (2018) menunjukkan pola peningkatan selama 60 hari penyimpanan telah melebihi batas penerimaan (10 meq/kg) yaitu sebesar 19 meq/kg, sementara pada nilai PV perlakuan kontrol pada penelitian Tuncel & Fatma (2020) dan pada penelitian Pongrat & Sirichai (2020) selama 60 hari tidak melebihi batas penerimaan (10 meq/kg) yaitu sebesar 3.80 meq/kg dan 6.00 meq/kg.

Sementara pola perubahan adanya perlakuan stabilisasi bekatul dengan metode *Infrared* pada penelitian Tuncel & Fatma (2020) dan penelitian He *et al.* (2018), serta metode *microwave* pada penelitian Pongrat & Sirichai (2019) menunjukkan pola peningkatan nilai PV yang lebih lambat. Nilai PV pada bekatul yang distabilisasi dengan *Infrared* pada penelitian He *et al.* (2018) secara efektif dapat mengurangi nilai PV menjadi 2.90 meq/kg (Gambar 5). Hal ini berkaitan dengan adanya pemanasan pada stabilisasi bekatul yang dapat menghambat aktivitas enzim sehingga mengakibatkan penurunan kadar PV pada bekatul (Patil *et al.* 2020). Pemanasan *infrared* dapat secara efektif memperlambat proses hidrolisis dan reaksi oksidatif bekatul selama penyimpanan (He *et al.* 2020).



Gambar 5 Pola perubahan nilai PV pada stabilisasi bekatul

### Analisis TBA

Analisis *2-Thiobarbituric acid number* (TBA) merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui derajat oksidasi lemak dengan mengukur senyawa malondialdehida (MDA) sebagai salah satu produk akhir oksidasi lipid. Malondialdehida merupakan komponen utama penentu nilai TBA. Analisis TBA digunakan untuk menentukan adanya ketengikan pada produk. Nilai TBA yang semakin tinggi menunjukkan produk semakin tengik. Menurut SNI (1991) tentang penentuan angka tiobarbiturat (TBA), produk bahan pangan yang baik mempunyai nilai kualitas TBA < 3 mgMDA/kg.

Nilai awal TBA bekatul segar (perlakuan kontrol) berkisar antara 0.35 hingga 0.39 mgMDA/kg, sementara pada proses stabilisasi bekatul nilai TBA berkisar antara 0.30 hingga 0.35 mgMDA/kg, hal ini menandakan bahwa penurunan nilai TBA bekatul terjadi setelah adanya proses stabilisasi bekatul. Inaktivasi enzim lipase pada proses stabilisasi bekatul menyebabkan pembentukan aldehida terhambat, sehingga dapat menyebabkan perubahan nilai TBA pada stabilisasi bekatul. Semakin cepat proses pembentukan aldehida, maka semakin meningkat nilai TBA (Aunillah 2009).

Perubahan nilai TBA stabilisasi bekatul pada penelitian yang dilakukan oleh Loypimay *et al.* (2009) dengan menggunakan metode *ohmic heating*. Perlakuan kontrol yaitu sebesar 0.80 mgMDA/kg selama 30 hari penyimpanan tidak melewati batas penerimaan (3 mgMDA/kg). Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh

Pongrat & Sirichai (2019) dengan menggunakan metode *microwave* yang telah distabilisasi dapat mengurangi pembentukan MDA sebesar 0.59 mgMDA/kg (pengurangan hingga 10%) pada penyimpanan selama 60 hari (Tabel 5).

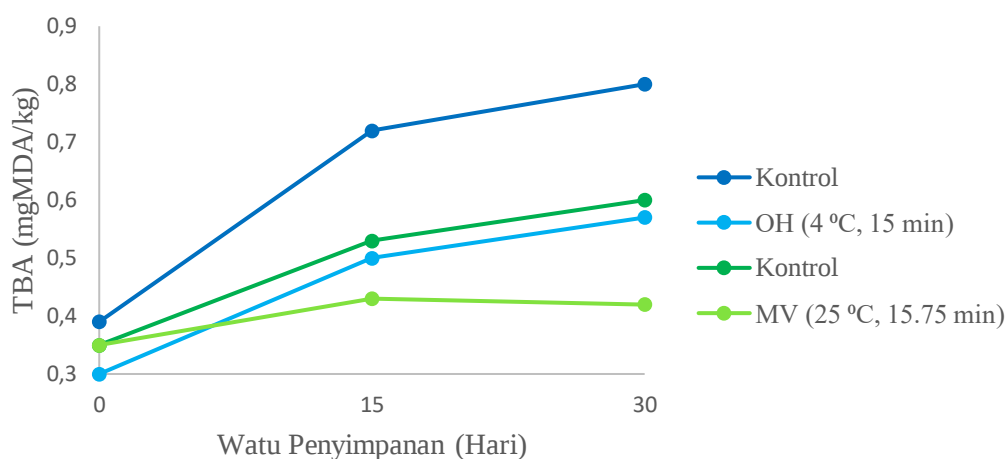
Tabel 5 Perubahan nilai TBA pada stabilisasi bekatul.

| Referensi              | Studi | Metode               | Perlakuan            | Waktu Penyimpanan (Hari) |      |      |      |
|------------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------------|------|------|------|
|                        |       |                      |                      | 0                        | 15   | 30   | 60   |
| Loypimay <i>et al.</i> | 2     | <i>Ohmic heating</i> | Kontrol              | 0.39                     | 0.72 | 0.80 | –    |
|                        |       |                      | OH (4 °C, 15 min)    | 0.30                     | 0.50 | 0.57 | –    |
| Pongrat & Sirichai     | 6     | <i>Microwave</i>     | Kontrol              | 0.35                     | 0.53 | 0.60 | 0.69 |
|                        |       |                      | Mv 25 °C, 15.75 min) | 0.35                     | 0.43 | 0.42 | 0.59 |

Keterangan: (-) Tidak dianalisis

Penelitian Pongrat & Sirichai (2019) garis berwarna biru dan penelitian Loypimay *et al.* (2009) garis berwarna hijau menunjukkan pola perubahan nilai TBA (Gambar 6). Nilai TBA kontrol pada hari ke-30 penelitian Loypimay *et al.* (2009) dan kontrol penelitian Pongrat & Sirichai (2019) tidak melewati batas penerimaan (3 mgMDA/kg) yaitu sebesar 0.80 mgMDA/kg dan 0.60 mgMDA/kg. Sementara nilai TBA yang telah distabilisasi dengan metode *ohmic heating* berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Loypimay *et al.* (2009) dan metode *microwave* berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pongrat & Sirichai (2019) menunjukkan pola peningkatan yang lebih lambat. Nilai TBA bekatul yang distabilisasi selama penyimpanan 30 hari pada penelitian Pongrat & Sirichai (2019) dengan menggunakan metode *microwave* dapat mengurangi nilai TBA sebesar 0.42 mgMDA/kg dan tidak melebihi batas penerimaan (3 mgMDA/kg).

Perlakuan stabilisasi pada bekatul dengan menggunakan *microwave* dapat mengurangi oksidasi lemak pada bekatul. Menurut Poongrat & Sirichai (2019) stabilisasi pada bekatul dengan *microwave* mampu menonaktifkan sebagian besar enzim lipoksigenase dan kadar air pada bekatul hingga 11 sampai 21%.



Gambar 6 Pola perubahan nilai TBA pada stabilisasi bekatul

### Analisis pada Fermentasi Bekatul

Analisis fermentasi pada bekatul ditujukan untuk mengetahui pengaruh fermentasi pada bekatul. Analisis dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis mikroba seperti kapang, khamir, dan bakteri asam laktat. Analisis pada fermentasi bekatul meliputi analisis proksimat, analisis asam ferulat, analisis total fenol, analisis *γ-oryzanol*, dan analisis flavonoid.

### Analisis Proksimat

Analisis proksimat merupakan metode analisis kimia yang digunakan untuk mengetahui komposisi makronutrien seperti protein, karbohidrat, lemak, kadar air, dan kadar abu pada sampel bahan atau produk pangan. Metode analisis proksimat yang digunakan seperti metode kjeldahl untuk analisis kadar protein, metode *by different* untuk analisis kadar karbohidrat, metode Soxhlet untuk analisis kadar lemak, metode oven untuk analisis kadar air, dan pengabuan kering untuk analisis kadar abu (AOAC 2005).

Tabel 6 menunjukkan analisis proksimat dari sampel bekatul sebelum dan setelah fermentasi selama 72 jam dengan kapang *Rhizopus oryzae*. Hasil menunjukkan bahwa proses fermentasi mengubah komposisi makronutrien seperti kadar abu, kadar lemak, dan kadar protein pada analisis proksimat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Oliveira *et al.* (2010) proses fermentasi dapat mengubah komposisi kimia yang disebabkan karena adanya produksi enzim

ekstraseluler oleh mikroba untuk mendapatkan nutrisi dan hasil samping metabolit lainnya. Metabolisme ini dapat memperkaya nutrisi pada substrat, tergantung pada komponen yang terdapat pada agen fermentasi atau ketersediaan nutrisi pada substrat tersebut (Faizah 2020). Hasil analisis pada bekatul yang difermentasi selama 72 jam pada kadar abu dan kadar protein meningkat, sementara kadar lemak menurun.

Peningkatan kadar abu pada bekatul setelah difermentasi disebabkan oleh penambahan abu yang terdapat pada kapang *Rhizopus oryzae*. Kapang memiliki kandungan abu yang berbeda-beda antara 1 hingga 29% tergantung spesies dan kondisi pertumbuhan kapang (Faizah 2020). Hal ini dapat dilihat pada proses fermentasi bekatul meningkatkan kadar abu pada kedua studi. Kadar abu tertinggi diperoleh pada penelitian yang dilakukan oleh Kupski *et al.* (2012) yaitu sebesar 14.70%.

Kadar protein pada kedua studi mengalami peningkatan setelah difermentasi selama 72 jam. Peningkatan kadar protein tertinggi yaitu pada penelitian Faizah *et al.* (2020) mengalami peningkatan sebesar 22.30%. Metabolisme *Rhizopus oryzae* menghasilkan senyawa ekstraseluler berupa selulase yang mengakibatkan jumlah protein pada substrat meningkat. Menurut Oliveira *et al.* (2010) proses fermentasi selama 72 jam pada bekatul dapat meningkatkan kadar protein sekitar 8.30% bk.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kupski *et al.* (2012) dan Faizah *et al.* (2020) menunjukkan hasil proses fermentasi pada bekatul dapat menurunkan kadar lemak. Sebelum fermentasi kadar lemak tertinggi yaitu pada penelitian Faizah *et al.* (2020) sebesar 22.20% mengalami penurunan setelah di fermentasi sebesar 21.03%. Penurunan kadar lemak disebabkan oleh adanya aktivitas kapang dalam menggunakan lemak sebagai sumber energi untuk sintesis miselium (Kupski *et al.* 2012). Nutrisi dalam substrat digunakan oleh kapang untuk memproduksi dinding sel dan lemak digunakan kapang untuk sintesis kitin (Griffin 1993, Oliveira *et al.* 2010). Perubahan komposisi kimia seperti kadar air, kadar abu, serat, lemak, dan protein yang terjadi pada fermentasi bekatul disebabkan oleh penambahan massa yang berasal dari kapang yang digunakan pada saat proses fermentasi (Faizah *et al.* 2020).

Tabel 6 Hasil analisis proksimat fermentasi bekatul

| Refensi              | Studi | Mikroba          | Sebelum fermentasi (Kontrol) |       |         | Fermentasi selama 72 jam |       |         |
|----------------------|-------|------------------|------------------------------|-------|---------|--------------------------|-------|---------|
|                      |       |                  | Kadar Abu                    | Lemak | Protein | Kadar Abu                | Lemak | Protein |
| Kupski <i>et al.</i> | 13    | <i>R. oryzae</i> | 9.40                         | 15.20 | 14.80   | 14.70                    | 10.90 | 21.60   |
| Faizah <i>et al.</i> | 24    | <i>R. oryzae</i> | 9.04                         | 22.20 | 17.10   | 12.50                    | 21.03 | 22.30   |

### Analisis Kadar Asam Ferulat

Asam ferulat merupakan turunan dari asam hidroksinamat yang dapat dianalisis dengan menggunakan metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Beberapa mikroba seperti kapang *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus oryzae*, serta khamir *Saccharomyces boulardii*, dan *Issatchenkia orientalis* mampu untuk menghidrolisis ikatan ester antara asam lemak dan polisakarida pada dinding sel, sehingga memaksimalkan kadar asam ferulat pada bekatul selama proses fermentasi (Hedge 2006).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan keterkaitan antara jenis mikroba seperti kapang, khamir, dan bakteri yang digunakan pada waktu fermentasi terhadap peningkatan asam ferulat pada bekatul. Penggunaan jenis kapang yang sama dengan waktu fermentasi berbeda menunjukkan peningkatan yang berbeda pula pada senyawa ferulat bekatul (Kurniati *et al.* 2017).

Analisis asam ferulat pada bekatul yang difermentasi menggunakan jenis mikroba seperti kapang, khamir, dan bakteri dengan waktu fermentasi yang berbeda-beda (Tabel 7). Hal ini dikarenakan pada beberapa penelitian hanya menggunakan waktu fermentasi terbaik untuk menganalisis kandungan asam ferulat. Masing-masing hasil penelitian menunjukkan beberapa peningkatan dan penurunan kandungan asam ferulat.

Perlakuan fermentasi penelitian Hedge *et al.* (2006), Oliveira *et al.* (2011), Schmidt *et al.* (2014), Razak *et al.* (2015), dan Shin *et al.* (2018) menggunakan mikroba jenis kapang. Hasil kandungan asam ferulat tertinggi diperoleh pada penelitian yang dilakukan oleh Schmidt *et al.* (2014) dengan mikroba jenis kapang *Rhizopus oryzae* yaitu sebesar 764.70 mg/g dengan perlakuan fermentasi selama 120 jam. Sementara pada penelitian Oliveira *et al.* (2011) dengan menggunakan jenis kapang yang sama yaitu *Rhyzopus oryzae* kandungan asam ferulat meningkat pada perlakuan fermentasi selama 48 jam sebesar 220 mg/g.

Beberapa penelitian yang dilakukan oleh Ryan *et al.* (2011) dan penelitian Kim & Gi dong (2011) menggunakan mikroba jenis khamir. Fermentasi bekatul pada penelitian yang dilakukan oleh Ryan *et al.* (2011) kandungan asam ferulat meningkat sebesar 4.10 mg/g selama 24 jam fermentasi. Sementara peningkatan asam ferulat pada fermentasi bekatul penelitian yang dilakukan oleh Kim & Gi dong (2011) mengalami peningkatan sebesar 169.90 mg/g selama 96 hari fermentasi (Tabel 7).

Penelitian Rashid *et al.* (2015) menggunakan mikroba jenis bakteri asam laktat *Pediococcus acidilactici* dan *Pediococcus pentoseous*. Bakteri asam laktat *Pediococcus acidilactici* menunjukkan peningkatan asam ferulat pada fermentasi tertinggi meningkat sebesar 8.56 mg/g selama 48 jam fermentasi. Sementara bakteri asam laktat *Pediococcus pentoseous* menunjukkan peningkatan asam ferulat sebesar 6.96 mg/g selama 48 jam fermentasi.

Perbedaan peningkatan asam ferulat pada jenis mikroba tersebut dikarenakan perbedaan waktu selama fermentasi dapat mempengaruhi kandungan asam ferulat pada bekatul. Menurut Schmidh (2014) menyatakan bahwa semakin lama fermentasi semakin maksimal kerja enzim laktase dalam mendegradasi cincin fenil, sehingga senyawa fenolik seperti asam ferulat meningkat.

Tabel 7 Hasil analisis asam ferulat pada fermentasi bekatul

| Referensi              | Studi | Mikroba                                        | Fermentasi (jam) |        |        |        |        |        |       |
|------------------------|-------|------------------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|                        |       |                                                | Kontrol          | 24     | 48     | 72     | 96     | 120    | 288   |
| Hedge <i>et al.</i>    | 7     | <i>A. niger</i>                                | 179.10           | 64.80  | 39.20  | 44.0   | 37.80  | –      | –     |
| Ryan <i>et al.</i>     | 8     | <i>S. bouldardi</i>                            | 2.20             | 4.10   | –      | –      | –      | –      | –     |
| Oliveira <i>et al.</i> | 9     | <i>R. oryzae</i>                               | 88.00            | 260.00 | 220.00 | 180.00 | 160.00 | 160.00 | –     |
| Kim & Gi dong          | 10    | <i>I. orientalis</i>                           | 120.93           | –      | –      | –      | –      | 169.90 | –     |
| Schmidt <i>et al.</i>  | 14    | <i>R. oryzae</i>                               | 33.30            | 10.50  | 68.40  | 386.80 | 602.60 | 764.70 | –     |
| Rashid <i>et al.</i>   | 15    | <i>P. acidilactici</i>                         | 6.19             | –      | 8.56   | –      | –      | –      | –     |
| Razak <i>et al.</i>    | 16    | <i>P. pentoseous</i>                           | 6.19             | –      | 6.96   | –      | –      | –      | –     |
|                        |       | <i>R. oligosporus</i>                          | 1.88             | –      | –      | –      | –      | –      | 1.03  |
|                        |       | <i>M. purpureus</i>                            | 1.88             | –      | –      | –      | –      | –      | 9.72  |
|                        |       | <i>R. oligosporus</i><br>& <i>M. purpureus</i> | 1.88             | –      | –      | –      | –      | –      | 14.69 |

Tabel 7 Lanjutan Hasil analisis asam ferulat pada fermentasi bekatul

| Referensi             | Studi | Mikroba           | Fermentasi (jam) |        |        |        |       |       |     |
|-----------------------|-------|-------------------|------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|
|                       |       |                   | Kontrol          | 24     | 48     | 72     | 96    | 120   | 288 |
| Shin<br><i>et al.</i> | 20    | <i>A. awamori</i> | 12.00            | 107.10 | 503.20 | 566.50 | 50.30 | 38.20 | –   |
|                       |       | <i>A. oryzae</i>  | 12.00            | 130.70 | 240.30 | 412.80 | 69.10 | 44.00 | –   |

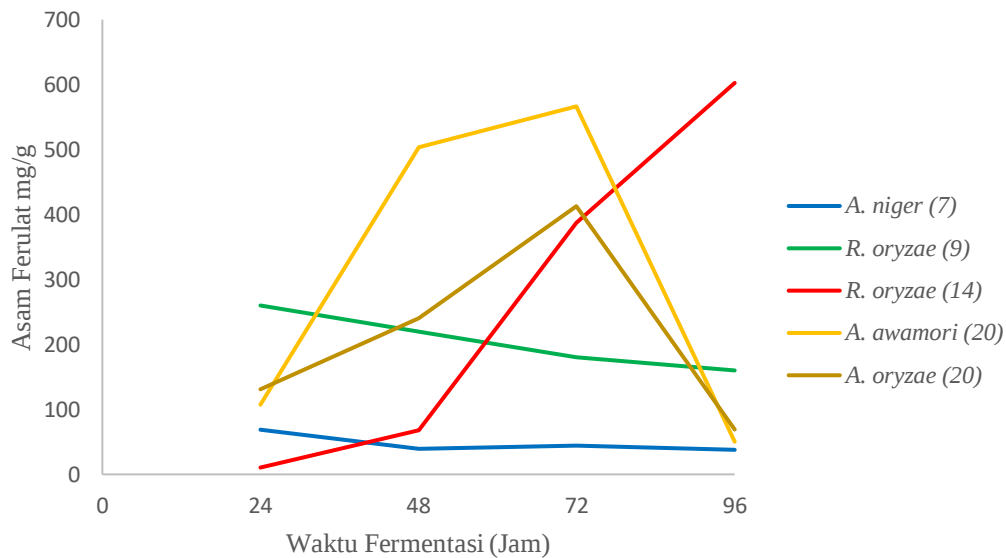
Keterangan (-) Tidak dianalisis

Penelitian yang dilakukan oleh Hedge *et al.* (2006), Oliveira *et al.* (2011), Schmidt *et al.* (2014), dan Shin *et al.* (2018) menunjukkan pola perubahan kandungan asam ferulat pada bekatul yang telah difermentasi selama 96 jam. Pola perubahan pada fermentasi bekatul penelitian Oliveira *et al.* (2011) dan penelitian Schmidt *et al.* (2014) menggunakan jenis mikroba yang sama yaitu kapang *Rhizopus oryzae*, sementara pada penelitian Shin *et al.* (2018) menggunakan jenis kapang *Aspergillus awamori* dan *Aspergillus oryzae* (Gambar 7).

Penelitian Oliveira *et al.* (2011) garis berwarna hijau menunjukkan pola penurunan asam ferulat selama proses fermentasi bekatul selama 96 jam fermentasi yaitu 160 mg/g, sementara pada penelitian Schmidt *et al.* garis (2014) berwarna merah menunjukkan pola peningkatan kandungan asam ferulat pada fermentasi bekatul selama 96 jam fermentasi yaitu 602.60 mg/g. Hal ini dikarenakan pengaruh peningkatan dan penurunan asam ferulat selama fermentasi tergantung pada jenis substrat, mikroba yang digunakan dan kondisi perlakuan selama fermentasi (Schmidt & Furlong 2012; Martins *et al.* 2011).

Penelitian Shin *et al.* (2018) pada jenis kapang *Aspergillus awamori* (garis berwarna kuning) dan *Aspergillus oryzae* (garis berwarna coklat) menunjukkan pola peningkatan kandungan asam ferulat pada bekatul meningkat pada proses fermentasi selama 72 jam yaitu sebesar 566.60 mg/g dan 412.80 mg/g, sementara mengalami penurunan pada proses fermentasi selama 96 jam yaitu 50.30 mg/g dan 69.10 mg/g. Penurunan dan peningkatan kapang disebabkan oleh kemampuan kapang dalam mendegradasi lignoselulosa pada sistem enzim (Oliveira *et al.* 2012). Perlakuan fermentasi pada penelitian Hedge *et al.* (2006) garis berwarna biru dengan menggunakan mikroba jenis kapang *Aspergillus niger* dan penelitian Oliveira *et al.* (2011) garis berwarna hijau menggunakan kapang *Rhizopus oryzae* menunjukkan pola penurunan kandungan asam lemak ferulat pada bekatul yang telah difermentasi selama 96 jam. Penurunan kandungan asam ferulat pada proses fermentasi karena adanya proses degradasi kapang *Aspergillus niger* terhadap

komponen polisakarida selama 96 hari penyimpanan sehingga menurunkan kandungan asam ferulat (Hedge *et al.* 2006).



Gambar 7 Pola peningkatan analisis asam ferulat

### Analisis Kadar Total Fenol

Senyawa fenolik merupakan suatu komponen yang memiliki satu gugus fenol (Craft *et al.* 2012). Fenol ( $C_6H_5OH$ ) merupakan senyawa organik yang mempunyai gugus hidroksil yang terikat pada cincin benzena. Senyawa fenol memiliki beberapa nama lain seperti asam karbolik, fenat monohidroksibenzena, asam fenat, asam fenilat, fenil hidroksida, oksibenzena, benzenol, monofenol, fenil hidrat, fenilat alkohol, dan fenol alkohol (Nair *et al.* 2008). Penentuan kadar total fenol dapat dilakukan menggunakan metode Follin Ciocalteu.

Hasil penelitian pada fermentasi bekatul terhadap beberapa jenis mikroba seperti kapang, khamir, dan bakteri asam laktat. Perlakuan fermentasi pada penelitian Oliveira *et al.* (2011), Schmidt & Furlong (2012), Kupski *et al.* (2012), Jung *et al.* (2017), Ritthibut *et al.* (2020), dan Jamarny & Gunathilake (2020) menggunakan mikroba jenis kapang, sementara pada penelitian Zubaidah *et al.* (2012), Rashid *et al.* (2015), dan Nisa *et al.* (2018) menggunakan bakteri asam laktat (Tabel 8). Analisis kadar total fenol pada bekatul selama fermentasi menggunakan waktu fermentasi yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan beberapa studi hanya mencantumkan kadar total fenol tertinggi.

Jenis mikroba yang digunakan dapat mempengaruhi kadar total fenol pada bekatul. Peningkatan kandungan total fenol tertinggi yaitu diperoleh pada mikroba jenis kapang yaitu *Lentinula edodes* pada penelitian Jung *et al.* (2017) yaitu sebesar 156.08 mg/g dengan perlakuan fermentasi selama 96 jam. Sementara pada bakteri asam laktat kadar fenol tertinggi yaitu pada penelitian Nisa *et al.* (2018) dengan fermentasi *Lactobacillus lactic* yaitu sebesar 73.14 mg/g dengan perlakuan fermentasi selama 48 jam (Tabel 8).

Proses fermentasi diduga meningkatkan ketersediaan asam-asam fenolik bebas sehingga bekatul yang difermentasi memiliki total senyawa fenolik lebih tinggi. Peningkatan fenolik bebas dikarenakan aktivitas hidrolitik enzimatis ekstraseluler mikroba selama fermentasi, selain itu juga kapang juga dapat memproduksi senyawa fenolik (Razak *et al.* 2015).

Tabel 8 Hasil analisis total fenol pada fermentasi bekatul

| Referensi               | Studi | Mikroba                | Fermentasi (jam) |       |       |       |       |        |      |
|-------------------------|-------|------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
|                         |       |                        | Kontrol          | 12    | 24    | 48    | 72    | 96     | 120  |
| Oliveira <i>et al.</i>  | 9     | <i>R. oryzae</i>       | 2.00             | –     | 5.50  | 5.30  | 4.30  | 4.30   | 3.50 |
| Zubaidah <i>et al.</i>  | 11    | <i>L. plantarum</i>    | 16.00            | 15.20 | –     | –     | –     | –      | –    |
| Schmidt & Furlong       | 12    | <i>L. acidophilus</i>  | 16.00            | 9.85  | –     | –     | –     | –      | –    |
|                         |       | <i>R. oryzae</i>       | 2.40             | –     | –     | –     | 4.00  | –      | –    |
| Kupski <i>et al.</i>    | 13    | <i>R. oryzae</i>       | 0.30             | –     | 1.50  | 1.30  | 1.10  | 1.30   | 1.40 |
| Rashid <i>et al.</i>    | 15    | <i>P. acidilactici</i> | 0.21             | –     | –     | 0.24  | –     | –      | –    |
| Nisa <i>et al.</i>      | 21    | <i>L. lactic</i>       | 45.84            | –     | 56.71 | 73.14 | –     | –      | –    |
|                         |       | <i>P. pentoseous</i>   | 45.84            | –     | 47.29 | 50.41 | –     | –      | –    |
| Jung <i>et al.</i>      | 18    | <i>L. edodes</i>       | 89.62            | –     | –     | –     | –     | 156.08 | –    |
| Ritthibut <i>et al.</i> | 25    | <i>A. brasiliensis</i> | 10.60            | –     | 17.00 | 15.00 | 18.00 | 20.00  | –    |
|                         |       | <i>A. awamori</i>      | 10.60            | –     | 14.50 | 18.00 | 25.00 | 17.00  | –    |
|                         |       | <i>A. sojae</i>        | 10.60            | –     | 16.00 | 23.00 | 33.00 | 27.50  | –    |
| Jamarny & gunathilake   | 26    | <i>R. oryzae</i>       | 5.33             | –     | –     | –     | 8.81  | –      | –    |

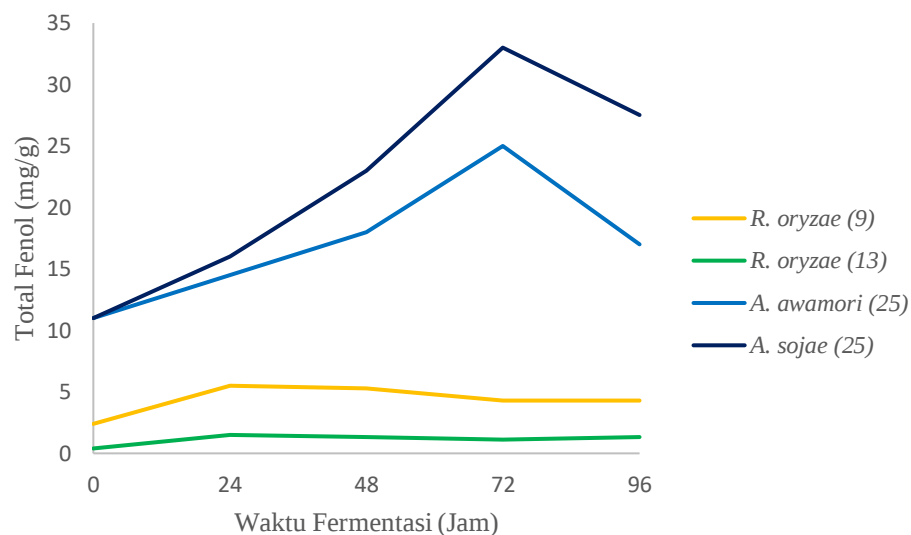
Keterangan (-) Tidak dianalisis

Pola peningkatan kadar senyawa total fenol pada bekatul dengan jenis mikroba yang sama yaitu *Rhizopus oryzae* selama fermentasi pada penelitian oliveira *et al.* (2011) garis berwarna kuning dan pada penelitian Kupski *et al.* (2012) garis berwarna hijau menunjukkan pola peningkatan selama fermentasi 24 jam (Gambar 8). Pola peningkatan tersebut dikarenakan menurut Razak *et al.* (2015) bahwa

kapang mampu untuk memproduksi enzim  $\beta$ -glukosidase yang berperan dalam proses hidrolitik enzimatis.

Enzim  $\beta$ -glukosidase berperan sebagai katalis dalam proses hidrolisis ikatan glikosida pada gugus alkil dan aril  $\beta$ -D-glukosida. Enzim tersebut menghidrolisis glikosida fenolik sehingga menghasilkan asam fenolik bebas. Kapang *R. oryzae* menghasilkan enzim pemecah karbohidrat dan memiliki kemampuan sistem oksidatif ligniolitik yang dapat mendegradasi cincin fenil sehingga meningkatkan komponen fenol bebas (Martins *et al.* 2011).

Penelitian Ritthibut *et al.* (2020) menunjukkan peningkatan pada kadar total fenol pada kapang jenis *Aspergillus awamori* (garis berwarna biru) dan *Aspergillus sojae* (garis berwarna biru tua) menunjukkan pola peningkatan kadar total fenol yang sama yaitu pada lama fermentasi ke-72 jam, sementara pada *Aspergillus brisiliensis* mengalami peningkatan pada fermentasi selama 24 jam dan 96 jam.



Gambar 8 Pola peningkatan analisis total fenol

### Analisis Kadar $\gamma$ -oryzanol

$\gamma$ -oryzanol merupakan campuran ester asam ferulat dan alkohol *triterpene*.  $\gamma$ -oryzanol menjadi salah satu komponen penting pada bekatul. Hal ini dikarenakan  $\gamma$ -oryzanol dapat mencegah terjadinya reaksi oksidasi terhadap radikal bebas dibandingkan vitamin E (Hadipernata 2007). Ekstraksi  $\gamma$ -oryzanol dari bekatul dapat dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut n-heksana.

Terdapat mikroba jenis kapang yang telah dianalisis kadar  $\gamma$ -oryzanol. Peningkatan kadar  $\gamma$ -oryzanol tertinggi yaitu pada Noviasari *et al.* (2019) dengan menggunakan kapang *Rhizopus oligosporus* yang telah difermentasi selama 96 jam sebesar 23.48 mg/g. Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh Massarolo *et al.* (2017) dengan menggunakan kapang *Rhizopus oryzae* kadar  $\gamma$ -oryzanol tertinggi yaitu waktu fermentasi selama 48 jam yaitu sebesar 20.52 mg/g (Tabel 9).

Tabel 9 Hasil analisis  $\gamma$ -oryzanol pada fermentasi bekatul

| Referensi               | Studi | Mikroba               | Fermentasi (jam) |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-----------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |       |                       | Kontrol          | 24    | 48    | 72    | 96    | 120   |
| Jung <i>et al.</i>      | 18    | <i>L. edodes</i>      | 7.07             | –     | –     | –     | –     | 6.74  |
| Massarolo <i>et al.</i> | 19    | <i>R. oryzae</i>      | 13.54            | 16.55 | 20.52 | 18.52 | 19.54 | 18.52 |
| Noviasari <i>et al.</i> | 23    | <i>R. oligosporus</i> | 12.58            | 17.29 | 20.03 | 22.44 | 23.48 | –     |
| Faizah <i>et al.</i>    | 24    | <i>R. oryzae</i>      | 11.21            | –     | –     | 12.93 | –     | –     |

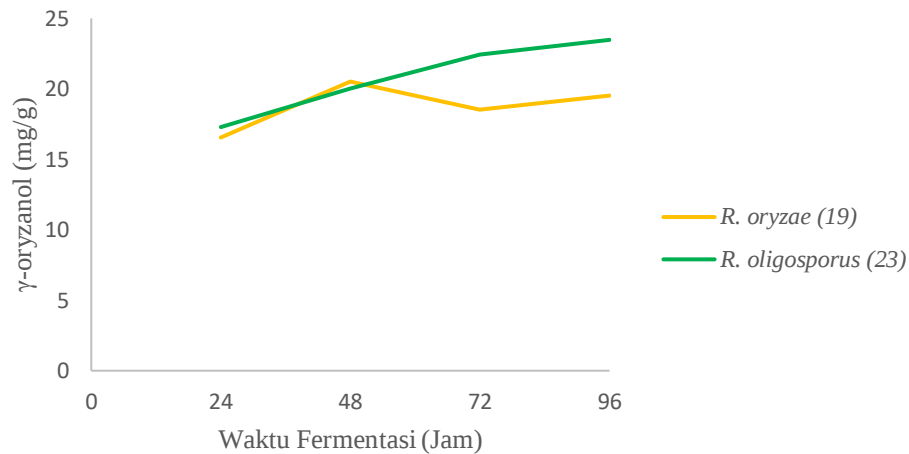
Keterangan (–) Tidak dianalisis

Pola peningkatan kadar fenolik pada kapang *Rhizopus oryzae* (garis berwarna kuning) dan *Rhizopus oligosporus* (garis berwarna hijau) menunjukkan pola peningkatan dengan waktu fermentasi yang berbeda. Penelitian Noviasari *et al.* (2019) perlakuan fermentasi dengan menggunakan kapang *Rhizopus oligosporus* (garis berwarna hijau) menunjukkan peningkatan kadar  $\gamma$ -oryzanol tertinggi pada waktu fermentasi selama 96 jam menghasilkan kadar  $\gamma$ -oryzanol sebesar 23.48 mg/g. Sementara pada penelitian Massarolo *et al.* (2017) perlakuan fermentasi bekatul dengan kapang *Rhizopus oryzae* (garis berwarna kuning) menunjukkan peningkatan kadar  $\gamma$ -oryzanol tertinggi yaitu pada waktu fermentasi selama 48 jam menghasilkan kadar  $\gamma$ -oryzanol sebesar 20.52 mg/g (Gambar 9).

Hasil penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan yang dilaporkan oleh Faizah *et al.* (2020), yaitu kandungan  $\gamma$ -oryzanol pada bekatul yang difermentasi dengan menggunakan kapang *Rhizopus oryzae* selama 72 jam sebesar 12.93 mg/g. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan karena adanya lemak pada bekatul sehingga menghambat kapang untuk meningkatkan kandungan  $\gamma$ -oryzanol selama proses fermentasi.

Peningkatan  $\gamma$ -oryzanol akan terjadi pada bekatul beras yang difermentasi oleh kapang *Rhizopus oryzae* selama periode kultivasi. Beberapa komponen utama  $\gamma$ -oryzanol yang mengalami peningkatan, diantaranya 2.4-metilen sikloartanil

*ferulat*, *sikloartenil ferulat*, dan  *$\beta$ -sitosterol ferulat*. Khususnya *2.4-metilen sikloartanil ferulat* telah dilaporkan dapat mereduksi risiko kanker dan kolesterol, dan bersamaan dengan *sikloartenil ferulat* juga berperan sebagai komponen antioksidan (Massarolo *et al.* 2017).



Gambar 9 Pola peningkatan analisis  $\gamma$ -oryzanol

### Analisis Kadar Flavonoid

Analisis flavonoid merupakan salah satu golongan senyawa fenol alam yang terbesar dalam tanaman yang tersusun atas 15 atom karbon sebagai inti dasarnya yang tersusun dari dua cincin benzena (C6) yang terikat pada suatu rantai propana (C3). Uji flavonoid dapat dilakukan dengan melarutkan sejumlah ekstrak metanol yang ditambahkan HCl dan magnesium (Dermawan 2012).

Hasil pengujian analisis flavonoid dengan berbagai jenis mikroba seperti kapang pada penelitian Cheng *et al.* (2016) dan penelitian Jamarny & gunathilake (2020), serta khamir pada penelitian Ritthibut *et al.* (2020). Kadar tertinggi flavonoid pada bekatul yang difermentasi didapatkan pada jenis mikroba *Rhizopus oryzae* pada penelitian yang dilakukan oleh Jamarny & gunathilake (2020) yang telah difermentasi selama 96 jam sebesar 29.16 mg/g. Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh Ritthibut *et al.* (2020) dengan menggunakan mikroba jenis kapang *Aspergillus sojae* kadar flavonoid meningkat pada waktu fermentasi selama 72 jam sebesar 1.37 mg/g (Tabel 10).

Perbedaan hasil kadar flavonoid dikarenakan adanya jenis mikroba yang berbeda sehingga meningkatnya kadar flavonoid berbeda. Hal ini sesuai dengan

yang dilaporkan oleh Kurniati (2017), jenis mikroba dan lama waktu fermentasi dapat mempengaruhi analisis pada bekatul selama fermentasi.

Tabel 10 Hasil analisis flavonoid pada bekatul

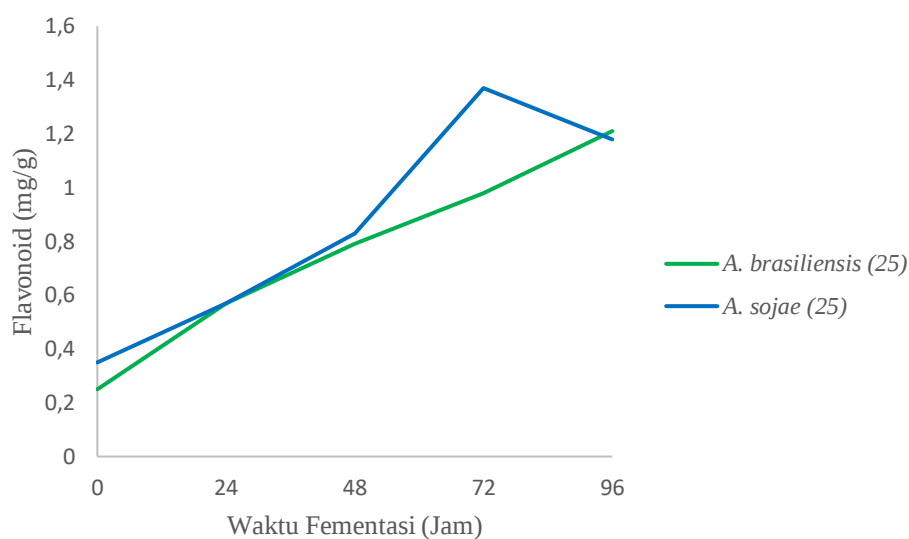
| Referensi               | Studi | Mikroba                | Fermentasi (jam) |      |      |      |      |       |
|-------------------------|-------|------------------------|------------------|------|------|------|------|-------|
|                         |       |                        | Kontrol          | 0    | 24   | 48   | 72   | 96    |
| Cheng <i>et al.</i>     | 17    | <i>M. pilosus</i>      | 0.12             | –    | –    | –    | 0.51 | –     |
| Ritthibut <i>et al.</i> | 25    | <i>A. brasiliensis</i> | 0.28             | 0.25 | 0.57 | 0.79 | 0.98 | 1.21  |
|                         |       | <i>A. awamori</i>      | 0.28             | 0.30 | 0.25 | 0.81 | 0.83 | 0.85  |
|                         |       | <i>A. sojae</i>        | 0.28             | 0.35 | 0.57 | 0.83 | 1.37 | 1.18  |
| Jamarny & gunathilake   | 26    | <i>R. oryzae</i>       | 2.11             | –    | –    | –    | –    | 29.16 |

Keterangan (-) Tidak dianalisis

Pola peningkatan kadar flavonoid dilakukan pada penelitian Ritthibut *et al.* (2020) dengan menggunakan tiga jenis kapang yaitu *Aspergillus brasiliensis* (garis berwarna hijau) dan *Aspergillus sojae* (garis berwarna biru). Pola peningkatan flavonoid tertinggi yaitu pada kapang *Aspergillus sojae* (garis berwarna biru) meningkat pada perlakuan fermentasi selama 72 jam yaitu sekitar 1.37 mg/g. Sementara pada kapang *Aspergillus brasiliensis* (garis berwarna hijau) kadar flavonoid meningkat selama 96 jam fermentasi sebesar 1.21 mg/g (Gambar 10).

Peningkatan kadar flavonoid pada bekatul yang difermentasi dengan *Aspergillus awamori* (garis berwarna kuning) meningkat pada perlakuan selama 48 jam fermentasi sebesar 0.81 mg/g. Meningkatnya kadar flavonoid pada bekatul fermentasi dikarenakan adanya proses metabolisme pada kapang yang mengikat senyawa flavonoid sehingga flavonoid meningkat (Ritthibut *et al.* 2020).

Proses fermentasi pada bekatul dapat meningkatkan kadar flavonoid, sehingga bekatul yang difermentasi dapat bermanfaat bagi tubuh manusia. Flavonoid yang terdapat pada jaringan tanaman sebagai metabolit sekunder, memiliki manfaat bagi kesehatan dan memiliki fungsi menghambat kerja enzim tirosinase dan elastase (Joubert *et al.* 2008).



Gambar 10 Pola peningkatan analisis flavonoid

### Analisis pada Aplikasi Produk Bekatul

Analisis aplikasi produk pada bekatul ditujukan untuk mengetahui pengaruh penambahan bekatul pada pangan yang dapat memberikan efek bermanfaat bagi tubuh manusia. Analisis yang dilakukan meliputi analisis proksimat dan antioksidan.

#### Analisis Proksimat

Analisis proksimat merupakan analisis yang menjadi parameter untuk mengetahui komposisi makronutrien seperti karbohidrat, lemak, protein, kadar abu, dan kadar air. Produk yang dianalisis proksimatnya terdapat dua produk yaitu produk mie dan roti. Parameter analisis proksimat yang dianalisis pada penelitian yaitu analisis kadar abu, analisis kadar lemak, dan analisis kadar protein. Hasil analisis menunjukkan penambahan bekatul sebanyak 45% dapat meningkatkan kandungan kadar abu, kadar lemak, dan kadar protein pada roti bekatul.

Kandungan kadar abu dengan penambahan bekatul 45% meningkat sebesar 3.98% lebih tinggi dari pada perlakuan kontrol. Sementara kandungan kadar lemak penambahan bekatul 45% meningkat sebesar 7.18% dan kandungan kadar protein dengan penambahan bekatul 45% meningkat sebesar 13.50 % (Tabel 11).

Peningkatan kadar protein pada bekatul dikarenakan protein sekitar 15% dalam butir beras banyak ditemukan pada bekatul. Sehingga bekatul memiliki potensi

sebagai bahan pangan fungsional (Fabian & Ju 2011). Penambahan bekatul pada roti bekatul dapat meningkatkan kandungan protein pada roti bekatul. Semakin banyak bekatul yang ditambahkan pada produk pangan, maka kandungan proteinnya semakin meningkat.

Kadar lemak pada bekatul meningkatkan produk pangan, hal ini dikarenakan bekatul mengandung banyak lemak seperti asam lemak esensial, sterol, tokoferol, dan lainnya (Gut *et al.* 2015). Selain itu meningkatnya kandungan abu pada bekatul yang diaplikasikan pada produk pangan dikarenakan adanya kandungan mineral yang tinggi pada bekatul seperti kandungan magnesium dan potassium (Gut *et al.* 2015, Jang & Seo 2017).

**Tabel 11 Hasil analisis proksimat pada aplikasi produk bekatul**

| Referensi             | Studi | Aplikasi produk | Perlakuan      | Parameter analisis proksimat (%) |             |               |
|-----------------------|-------|-----------------|----------------|----------------------------------|-------------|---------------|
|                       |       |                 |                | Kadar abu                        | Kadar lemak | Kadar protein |
| Jamarny & Gunathilake | 27    | Mie             | Kontrol        | 1.21                             | 0.36        | 10.94         |
|                       |       |                 | Bekatul (15 %) | 2.18                             | 2.46        | 11.88         |
| Irakli <i>et al.</i>  | 28    | Mie             | Kontrol        | 1.45                             | 7.29        | 19.14         |
|                       |       |                 | Bekatul (10 %) | 1.66                             | 8.30        | 19.39         |
| Irakli <i>et al.</i>  | 29    | Roti            | Kontrol        | 1.55                             | 2.50        | 11.86         |
|                       |       |                 | Bekatul (30%)  | 3.96                             | 6.17        | 13.07         |
| Tuncel <i>et al.</i>  | 30    | Roti            | Kontrol        | 1.60                             | 2.59        | 12.05         |
|                       |       |                 | Bekatul (45 %) | 3.98                             | 7.18        | 13.50         |

### **Analisis kandungan antioksidan pada produk bekatul**

Antioksidan memiliki banyak manfaat dalam tubuh, adanya antioksidan dapat mencegah adanya radikal bebas (Irakli *et al.* 2016). Metode yang digunakan pada analisis antioksidan yaitu dengan menggunakan analisis DPPH. Hasil penelitian menunjukkan penambahan bekatul dengan konsentrasi 10% pada produk mie dapat meningkatkan kandungan antioksidan sebesar 66 mg TE/g (Tabel 12).

Bekatul memiliki kandungan antioksidan yang cukup banyak diantaranya seperti oryzanol dan flavonoid sehingga semakin banyak penambahan bekatul pada produk pangan, maka kandungan antioksidan akan meningkat (Manois *et al.* 2020). Penambahan bekatul pada produk menyebabkan tingginya kandungan antioksidan pada produk sehingga bekatul dalam dijadikan sebagai salah satu bahan pangan fungsional yang memiliki manfaat bagi tubuh (Gut *et al.* 2015).

Tabel 12 Hasil analisis kandungan antioksidan pada produk bekatul

| Referensi             | Studi | Aplikasi produk | Perlakuan      | Analisis Antioksidan DPPH (mg TE/g) |
|-----------------------|-------|-----------------|----------------|-------------------------------------|
| Jamarny & Gunathilake | 27    | Mie             | Kontrol        | 35.60                               |
|                       |       |                 | Bekatul (5 %)  | 53.10                               |
| Irakli <i>et al.</i>  | 28    | Mie             | Kontrol        | 33.31                               |
|                       |       |                 | Bekatul (10 %) | 66.00                               |

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis metode stabilisasi bekatul, metode *microwave* dan *Infrared* merupakan metode yang efektif terhadap proses stabilisasi pada bekatul. Perlakuan stabilisasi dengan metode *microwave* pada bekatul efektif dapat menghambat terjadinya kandungan asam lemak bebas, oksidasi lipid, inaktivase enzim lipase dan lipoksigenase, nilai FFA, dan TBA. Sementara metode *Infrared* dapat mengurangi nilai PV.

Pelakuan fermentasi pada bekatul dengan berbagai jenis kapang, khamir, dan bakteri asam laktat efektif meningkatkan kandungan fitokimia pada bekatul. Jenis mikroba yang paling efektif meningkatkan kandungan fitokimia yaitu jenis kapang *Rhizopus oryzae* dapat meningkatkan kadar proksimat dan ferulat pada bekatul.

Aplikasi bekatul pada produk pangan dapat meningkatkan kadar abu, kadar lemak, dan kadar protein pada bekatul, serta antioksidan pada produk bekatul. Peningkatan tertinggi aplikasi produk yaitu pada produk roti dengan penambahan bekatul 45% pada analisis proksimat meningkatkan kadar abu sebesar 3.98%, kadar lemak sebesar 7.18%, dan kadar protein sebesar 13.50%, sementara pada analisis antioksidan tertinggi yaitu pada penambahan bekatul 10% sebesar 66%.

### Saran

Pengkajian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui pengaruh proses stabilisasi pada bekatul dengan berbagai metode lain seperti autoklaf, HA-RF (*Hot air-radio Frequency*), oven, dan ekstuder. Proses fermentasi bekatul melakukan pengkajian pada analisis lainnya seperti analisis evaluasi sensori dan analisis fisik (warna, susut bobot, dan tekstur). Serta pada aplikasi penambahan bekatul dengan berbagai aplikasi bekatul pada produk pangan lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Standard Analytical Communities. 2005. Official Methods of Analysis International. Washington: AOAC International.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1991. SNI 01-2352-1991. Penentuan Angka Thiobarbiturat. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. Luas panen dan produksi padi di Indonesia. <http://www.bps.go.id>. [04 April 2020].
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Rice in the world. <http://www.fao.org> [05 April 2020]
- Amir Y. 2018. Daya terima susu bekatul sebagai pangan fungsional [skripsi]. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin.
- Astawan M, Febrianda AE. 2010. Potensi dedak dan bekatul beras sebagai ingredient pangan dan produk pangan fungsional. *Jurnal Pangan*, 19(1): 14–21.
- Budijanto S, Sitanggang AB, Wiaranti H, Koesbiantoro B. 2012. Pengembangan teknologi sereal sarapan bekatul dengan menggunakan Twin screw extruder. *Jurnal Pascapanen*. 9(2): 63–69.
- Butsat S, Siriamornpun S. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of thai rice. *Food Chem*. 119(2) :606–613.
- Calpe C. 2006. Rice International Commodity Profile. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Markets and Trade Division*.
- Chaiyasut C, Noppawat P, Sasithorn S, Suchanat K, Baghavati SS. 2017. Assessment of changes in the content of anthocyanins, phenolic acids, and antioxidant property of *Saccharomyces cerevisiae* mediated fermented black rice bran. *Journal of Nutraceuticals*. 7: 2–11.
- Chen MH, Choi SH, Kozukue N, Kim HJ, Friedman M. 2012. Growth-inhibitory effects of pigmented rice bran extracts and three red bran fractions against human cancer cells: relationships with composition and antioxidative activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60: 9151–9161.
- Cheng J, Choi Bk, Yang SH, Suh JW. 2016. Effect of fermentation on the antioxidant activity of rice bran by *Monascus pilosus* KCCM6084. *Journal Appl Biol Chem*. 59(1): 57–62.
- Dhingra D, Chopra S, Rai DR. 2012. Stabilization of raw rice bran using ohmic heating. *Agric Res*. 1(4): 392–398.
- Faizah, Kusnandar F, Nurjanah S. 2020. Senyawa fenolik, oryzanol, dan aktivitas antioksidan bekatul yang difermentasi dengan *Rhizopus oryzae*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 31(1): 86–94.
- Faizah. 2019. Potensi bekatul fermentasi sebagai pangan fungsional [thesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fernando WJN, Hewavitharana L. 1990. Influence of drying on the storage ability of rice bran. *Int J Drying Tech*. 8(4) :845–854.
- Gul K, Yousuf B, Singh AK, Singh P, Wani AA. 2015. Rice bran: nutritional values and its emerging potential for development of functional food: a review. *Pr Phyt Dietary Fibre*. 6: 24–30.
- Hardini. 2010. The nutrient evaluation of fermented rice bran as poultry feed. *Inter Journal Poultry Sci*. 9: 152–154.

- Hartati S, Marsono Y, Suparmo, Santoso U. 2015. Komposisi kimia serta aktivitas antioksidan ekstrak hidrofilik bekatul beberapa varietas padi. *Journal Agritech*. 35: 35–42.
- Hegde S, Kavitha S, Varadaraj MC, Muralikrishna G. 2006. Degradation of cereal bran polysaccharidephenolic acid complexes by *Aspergillus niger* CFR 1105. *Journal of Food Chemistry*. 96: 14–19.
- Henderson AJ, Ollila CA, Kumar A, Borresen EC, Raina K, Agarwal R, Ryan EP. 2012. Chemopreventive properties of dietary rice bran: current status and futur prospects. *Adv Nutr* 3: 643–653.
- Irakli M, Katsantonis D, Kleisaris F. 2015. Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran. *Journal of Cereal Science*. 65: 74–80.
- Irakli M, Kleisaris F, Mygdalia A, Katsantonis D. 2018. Stabilization of rice bran and its effect on bioactive compounds content, antioxidant activity and storage stability during infrared radiation heating. *Journal of Cereal Science*. 80: 135–142.
- Irakli M, Mygdalia A, Chatzopoulou P, Katsantonis D. 2019. Impact of the combination of sourdough fermentation and hop extract addition on baking properties, antioxidant capacity and phenolics bioaccessibility of rice bran-enhanced bread. *Food Chemistry*. 285: 231–239.
- Janarny G, Gunathilake KDPP. 2020. Changes in rice bran bioactives, their bioactivity, bioaccessibility and bioavailability with solid-state fermentation by *Rhizopus oryzae*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 23: 101–510.
- Jung TD, Shin GH, Kim JM. 2017. Comparative analysis of  $\gamma$ -oryzanol,  $\beta$ -glucan, total phenolic content and antioxidant activity in fermented rice bran of different varieties. *Nutrients*. 9: 571.
- Kahlon T, Chow F, Sayre R. 2009. Cholesterol-Lowering Properties of Rice Brain. *Journal Cereal Food Word*. 39: 99–102.
- Kim, Dongyeop, Gi DH. 2011. Ameliorating Effects of fermented rice bran extract on oxidative stress induced by high glucose and hydrogen peroxide in 3T3-L1 adipocytes. *Journal of Plant Foods Human Nutrition*. 66: 285–290.
- Kong S, Kim DJ, Oh SK. 2012. Black rice bran as an ingredient in noodles: Chemical and functional evaluation. *Journal of Food Science*. 77(3): 303–307.
- Koswara S. 2009. Teknologi pengolahan beras (teori dan praktek). Tersedia pada: eBookPangan.com
- Kupski L, Cipolatti E, Rocha MD, Oliveira MD, Soares LDAS, Furlong EB. 2012. Solid-state fermentation for the enrichment and extraction of proteins and antioxidant compounds in rice bran by *Rhizopus oryzae*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 55(6): 937–942.
- Kusumayanti H, Mahendra RT, Hanindito SB. 2016. Pangan fungsional dari tanaman lokal Indonesia. *Metana*. 12(1): 26–30.
- Liao M, Damayanti W, Xu Y, Zhao Y, Xu X, Zheng Y, Jiao S. 2020. Hot air-assisted radio frequency heating for stabilization of rice bran: enzyme

- activity, phenolic content, antioxidant activity and microstructure. *LWT*. 131: 109–754.
- Ling B, Lyng JG, Wang S. 2018. Effects of hot air-assisted radio frequency heating on enzyme inactivation, lipid stability and product quality of rice bran. *LWT-Food Science and Technology*. 91: 453–459.
- Liu L, Zhang R, Deng Y, Zhang Y, Xiao J, Huang F, Wen W, Zhang M. 2017. Fermentation and complex enzyme hydrolysis enhance total phenolics and antioxidant activity of aqueous solution from rice bran pretreated by steaming with  $\alpha$ -amylase. *Food Chemistry*. 221: 636–643.
- Martins S, Mussatto SI, Martinez-Avila G, Montanez-Saenz J, Aguilar CN, Teixeira JA. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. *Biotechnology Advances*. 29: 365–373.
- Massarolo KC, Souza TD, Collazzo CC, Furlong EB. 2017. The impact of *Rhizopus oryzae* cultivation on rice bran: gamma-oryzanol recovery and its antioxidant properties. *Food Chem*. 228: 43–49.
- Minatel IG, Francisqueti FV, Correa CR, Lima GPP. 2016. Antioxidant Activity of  $\gamma$ -oryzanol: a Complex Network of Interactions. *International Journal of Molecular Science*. 17 :1107–1121.
- Nair GR, Divya VR, Prasanna L. 2012. Ohmic heating as a pre-treatment in solvent extraction of rice bran. *Journal Food Sci Technol*. 51(10): 2696-2697.
- Nazir. 2013. *Metode Penelitian*. Bogor (ID): Ghalia Indonesia.
- Norazalina S, Norhaizan ME, Hairuszah I, Norashareena MS. 2010. Anticarcinogenic efficacy of phytic acid extracted from rice bran on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Journal of Toxicology Pathology*. 62:259–68.
- Norhaizan ME, Ling TB, Peng LS. 2013. By-product of rice processing: an overview of health benefits and application. *Journal Rice Res* 1: 107–117.
- Noviasari S, Feri K, Agus S, Faleh SB, Slamet B. 2019. Profile of phenolic compound of black rice bran fermented and anti  $\alpha$ -amylase activity of black rice bran fermented with *Rhizopus Oligosporus*
- Octaviane R. 2014. Pengaruh perlakuan stabilisasi dan tingkat penambahan tepung bekatul padi (*Rice bran*) terhadap sifat fisik, kimia, dan organoleptik bolu kukus [skripsi]. Malang (ID): Universitas Brawijaya
- Oliveira MD, Cipolatti EP, Furlong EB, Soares LDS. 2012. Phenolic compounds and antioxidant activity in fermented rice (*Oryza sativa*) bran. *Cienc Technol Aliment Campinas*. 32(3): 531–537.
- Oliveira MS, Fedden V, Kupski L, Cipolatti EP, Furlong EB, Soares LS. 2010. Physico-chemical characterization of fermented rice bran biomass. *CyTA-J Food*. 8: 229–236.
- Patil SS, Kar A, Debandi MD. 2016. Stabilization of rice bran using microwave: proses optimization and storage studies. *Food Bioprod Proses*. 99:204- 2011.
- Pongrat p. Sirichai S. 2019. Stabilization of rice bran using a continuous microwave oven. *Agriculture and Natural Resources*. 53: 373–377.
- Purnomo. 2013. Identifikasi asam lemak dan penentuan masa simpan bekatul ditinjau dari pengaruh gelombang mikro. *Prosiding seminar Nasional Penelitian*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Putthadong S, Yamada Y, Hirata A, Tomita H, Hara A. 2010. Chemopreventive effect of fermented brown rice and rice bran (FBRA) on the inflammation-

- related colorectal carcinogenesis in Apc<sup>Min</sup>/ mice. *International journal of oncology*. 23: 53–9.
- Randall JM, Sayre RN, Schultz WG, Fong RY, Mossman AP, Tribelhorn RE, Saunders RM. 1985. Rice bran stabilization by extrusion cooking for extraction of edible oil. *Journal Food Science*. 50(2): 361–368.
- Rashid NYA, Razak DLA, Jamaluddin A, Sharifuddin SA, Long Kamariah. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran fermented with lactic acid bacteria. *Malaysia Journal of Microbiology*. 11: 156–162.
- Razak DLA, Rashid NYAR, Jamaluddin A, Sharifudin SA, Long K. 2015. Enhancement of phenolic acid content and antioxidant activity of rice bran fermented with *Rhizopus oligosporus* and *Monascus purpureus*. *Journal Biocatal Agriculture Biotechnol*. 4: 33–38.
- Ritthibut N, Su-jin oh, Seun TL. 2020. Enhancement of bioactivity of rice bran by solid-state fermentation with *Aspergillus starains*. *LWT- Food Science and Technologi*. 135: 110–273.
- Ryan EP, Heuberger AL, Weir TL, Barnett B, Broeckling CD, Prenni JE. 2011. Rice bran fermented with *Saccharomyces boulardii* generates novel metabolite profile with bioactivity. *Journal Agric Food Chem*. 59: 1862–1870.
- Schmidt CG, Furlong EB. 2012. Effect of particle size and ammonium sulfate concentration on rice bran fermentation with the fungus *Rhizopus oryzae*. *Journal Bioresource Technology*. 123: 36–41.
- Schmidt CG, Goncalves LM, Prietto L, Hackbart HS, Furlong EB. 2014. Antioxidant activity and enzyme inhibition of phenolic acids from fermented rice bran with fungus *Rizhopus oryzae*. *Journal Food Chem*. 124: 132–140.
- Shin HY, Kim SM, Lee JH, Lim ST. 2019. 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 Chemistry*. 272: 235–241.
- Sitorus L, Julius P, Vanda K. 2015. Analisis Beberapa Asam Organik dengan Metode High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Jurnal Mipa Unsrat Online*. 4 (2) :148–152
- Sukma LN, Zackiyah, Gumilar GG. 2010. Pengkayaan asam lemak tak jenuh pada bekatul dengan cara fermentasi padat menggunakan *Aspergillus terreus*. *Journal Sains Teknol Kimia* 1: 66–72.
- Tuarita MZ, Sadek NF, Sukarno, Yuliana ND, Budijanto S. 2017. Pengembangan bekatul sebagai pangan fungsional: peluang, hambatan, dan tantangan. *Jurnal Agricultural*. 3(2): 55–61
- Tuncel NY, Fatma YK. 2020. Comparison of lipid degradation in raw and infrared stabilized rice bran and rice bran oil: matrix effect. *Journal of Measurement and Characterization*.
- Tuncel NY, Kaya E, Karaman M. 2017. Rice bran substituted Turkish noodles: textural, sensorial, and nutritional properties. *Cereal Chemistry*. 94(5): 903–908.
- Wang M, Lei M, Samina N, Chen LL, Liu CL, Yin TT, Yi CP. 2020. Impact of *Lactobacillus plantarum* 423 fermentation on the antioxidant activity and flavor properties of rice bran and wheat bran. *Food Chemistry*. 330:127–156.
- Wanyo P, Meeso N, Siriamornpun S. 2014. Effects of different treatments on the

- antioxidant properties and phenolic compounds of rice bran and rice husk. *Food Chemistry*. 157: 457–463.
- Yilmaz N, Tuncel NB, Kocabiyik H. 2014. Infrared stabilization of rice bran and its effects on  $\gamma$ -oryzanol content, tocopherols and fatty acid composition. *Journal Sci Food Agriculture*. 94: 1568–1576.
- Yosi F, Sahara E dan Sandi S. 2014. Analisis sifat fisik bekatul dan ekstrak minyak bekatul hasil fermentasi rhizopus sp. dengan menggunakan inokulum tempe. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*. 3 (1):7–13.
- Zubaidah E, Saparianti E, Hindrawa J. 2012. Studi Aktivitas Antioksidan Pada Bekantul Dan Susu Skim Terermentasi Probiotik (*Lactobacillus plantarum* B2 dan *Lactobacillus acidophillus*). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(2): 111–118.