

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ETANOL TERHADAP  
KADAR TOTAL FENOLIK DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN  
EKSTRAK BEKATUL**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
ISTA'INUL KHASANAH  
NIM. 19630068**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ETANOL TERHADAP  
AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN KADAR TOTAL FENOLIK  
EKSTRAK BEKATUL**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
ISTA'INUL KHASANAH  
NIM. 19630068**

**Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ETANOL TERHADAP KADAR  
TOTAL FENOLIK DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK  
BEKATUL**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**ISTA'INUL KHASANAH**  
NIM. 19630068

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 27 Oktober 2023

**Pembimbing I**

  
**Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P**  
NIP. 19750410 200501 2 009

**Pembimbing II**

  
**Lulu'atul Hamidah Ulva, M.Sc**  
NIP. 19900906 202321 2 033

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
  
**Rachmayati Wulsih, M.S**  
NIP. 19810811 200801 2 010

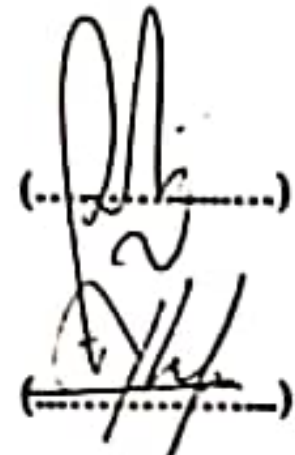
**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ETANOL TERHADAP KADAR  
TOTAL FENOLIK DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK  
BEKATUL**

**SKRIPSI**

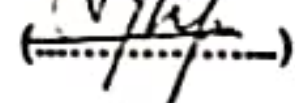
Oleh:  
**ISTA'INUL KHASANAH**  
NIM. 19630068

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 27 Oktober 2023

**Ketua Penguji : Elok Kamilah Hayati, M.Si**  
NIP. 19790620 200604 2 002

(.....)  


**Anggota Penguji I : Ahmad Hanapi, M.Sc**  
NIP. 19851225 20160801 1 069

(.....)  


**Anggota Penguji II : Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P**  
NIP. 19750410 200501 2 009

(.....)  


**Anggota Penguji III : Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc**  
NIP. 19900906 202321 2 033

(.....)  


  
Monastukul,  
Ketua Program Studi  
Rachmawati Nurshih, M.Si  
NIP. 19810821 200801 2 010

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ista'inul Khasanah  
NIM : 19630068  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Variasi Konsentrasi Etanol Terhadap Kadar Total Fenolik dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 27 Oktober 2023  
Yang membuat pernyataan,



Ista'inul Khasanah  
NIM.19630068

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, puji syukur kepada Allah Swt. atas segala nikmat, ridho, dan ketentuannya yang telah menggariskan takdir terbaik dari untaian harapan yang selalu dipanjatkan sehingga skripsi yang masih jauh dari kata sempurna ini dapat terselesaikan dengan baik.

Lantunan Al-Fatihah yang turut serta diiringi dengan shalawat serta do’a, saya persembahkan karya tulisan sederhana ini untuk kedua orang tua saya. Bapak Muhammad Muslimin & Ibu Nailis Sa’adah yang selalu mengiringi setiap langkah yang saya ambil dengan do’a-do’a terbaiknya. Terima kasih atas segala nasihat, dukungan moril dan materil yang tak terhingga sehingga karya tulisan sederhana dapat terselesaikan dengan baik.

Untuk adik saya, yang juga dapat memposisikan diri menjadi seorang kakak bagi saya. Memberikan saya tempat untuk beristirahat selama proses pengerjaan skripsi ini. Dan keluarga besar yang selalu berusaha untuk memberikan saya tempat ternyaman. Serta sahabat saya Ayu Suhesty, yang selalu memberikan motivasi yang tidak bisa saya dapatkan di tempat lain sehingga skripsi ini bisa tersusun dengan baik.

Untuk para dosen serta laboran program studi kimia UIN Malang yang telah memberikan ilmu, wawasan dan pengalaman kepada saya. Terutama untuk Ibu Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P dan Ibu Lulu’atul Hamidatu Ulya, M.Sc selaku pembimbing yang tidak bosan dan sabar untuk memberikan bimbingan, arahan dan nasihatnya. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si dan Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc selaku dosen penguji yang sabar memberikan bimbingan, arahan, dan nasihatnya dalam pembenahan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Untuk seluruh teman-teman yang telah memberikan saya informasi, bantuan, dan motivasi. Khususnya Alsa Feby Firdausi yang telah memberikan saran, motivasi, informasi serta bantuan terbaiknya selama proses penyelesaian skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang sudah diberikan kepada saya kelak akan kembali ke kalian semua.

## MOTTO

“... وَاللَّهُ يُحِبُّ الصَّابِرِينَ ”

“...Dan Allah menyukai orang-orang yang sabar” (Q.S Ali-Imran:146)

“حَسْبُنَا اللَّهُ وَنِعْمَ الْوَكِيلُ نِعْمَ الْمَوْلَى وَنِعْمَ النَّصِيرُ ”

“Cukuplah bagi kami Allah, sebaik-baiknya pelindung dan sebaik-baiknya penolong kami”

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. atas segala limpahan ramhat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Konsentrasi Etanol Terhadap Kadar Total Fenolik dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul”**. Selawat serta salam senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad saw. yang telah memberi suri tauladan kepada umatnya dan memberi penerangan melalui cahaya iman yang berpedoman pada Al-Qur'an dan Al-Hadits. Selanjutnya, tanpa adanya dukungan dan kontribusi dalam penulisan skripsi ini, tentu penulis akan merasa kesulitan dalam prosesnya. Oleh karena itu, dengan segenap kerendahan hati dan rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Prof. Dr. Sri Hariani, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc selaku dosen pembimbing agama yang sabar memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasihat dalam proses penulisan skripsi ini hingga terselesaikan.
5. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si dan Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc selaku dosen penguji yang sabar memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasihat dalam proses penulisan skripsi ini hingga terselesaikan.
6. Seluruh dosen Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah berkontribusi dalam memotivasi penulis selama proses menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan diri, sehingga masih banyak kekurangan dalam proses penulisan skripsi ini, baik dari segi tata bahasa maupun dalam materi yang disajikan. Penulis sangat terbuka dengan saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak untuk perbaikan dalam penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan kontribusi yang positif serta bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Malang, 27 Oktober 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>مستخلص البحث</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah .....	7
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Bekatul Beras Merah dan Bekatul Beras Putih .....	8
2.2 Metode Ekstraksi Sonikasi .....	9
2.3 Radikal Bebas.....	11
2.4 Antioksidan .....	13
2.5 Senyawa Fenolik .....	14
2.6 Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH .....	16
2.7 Manfaat Tanaman dalam Perspektif Islam .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>20</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	20
3.2.1 Alat .....	20
3.2.2 Bahan .....	20
3.3 Rancangan Penelitian .....	20
3.4 Tahapan Penelitian .....	22
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	22
3.5.1 Preparasi Sampel .....	22
3.5.2 Ekstraksi Bekatul Menggunakan Metode Sonikasi .....	22
3.5.3 Uji Kadar Total Fenolik Ekstrak Bekatul .....	23
3.5.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Asam Galat .....	23
3.5.3.2 Penentuan Waktu Kestabilan .....	24

3.5.3.3 Pembuatan Kurva Standar Asam Galat.....	24
3.5.3.4 Penentuan Kadar Total Fenolik.....	24
3.5.4 Uji Antioksidan Ekstrak Bekatul Menggunakan Metode DPPH	25
3.5.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	25
3.5.4.2 Uji Aktivitas Antioksidan Pada Sampel .....	26
3.5.4.3 Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin C (Pembanding) .....	27
3.5.5 Analisis Data .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Preparasi Sampel .....	28
4.2 Ekstraksi Bekatul Menggunakan Metode Sonikasi .....	29
4.3 Penentuan Kadar Fenolik Total Ekstrak Bekatul .....	31
4.4 Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul .....	36
4.5 Korelasi IC <sub>50</sub> dengan Kadar Total Fenolik Ekstrak Bekatul .....	40
4.6 Manfaat Tanaman dalam Perspektif Islam .....	42
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Sebutir Beras .....	8
Gambar 2.2 Stuktur senyawa fenol .....	15
Gambar 2.3 Reakasi Antioksidan dengan Radikal DPPH.....	17
Gambar 4.1 Bekatul merah dan putih.....	28
Gambar 4.2 Ekstrak pekat bekatul (a) beras merah dan (b) beras putih .....	29
Gambar 4.3 Larutan uji kadar total fenolik ekstrak bekatul (a) beras merah dan (b) beras putih .....	32
Gambar 4.4 Reaksi antioksidan dengan radikal DPPH.....	36
Gambar 4.5 Larutan uji aktivitas antioksidan ekstrak bekatul. ....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan nutrisi dan senyawa aktif dalam bekatul.....	9
Tabel 3.1 Perlakuan uji aktivitas antioksidan dan kadar total fenolik dengan variasi jenis bekatul dan konsentrasi etanol.....	21
Tabel 4.1 Hasil rendemen, kadar total fenolik, dan IC <sub>50</sub> dalam bekatul beras merah.....	30
Tabel 4.2 Tingkat kekuatan antioksidan.....	39
Tabel 4.3 Korelasi IC <sub>50</sub> dengan kadar total fenolik ekstrak bekatul menggunakan etanol 70% & etanol 96% .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian .....	56
Lampiran 2. Diagram Alir .....	55
Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Larutan dan Reagen .....	62
Lampiran 4. Tabel Hasil Rendemen.....	66
Lampiran 5. Uji Penentuan Kadar Total Fenolik .....	68
Lampiran 6. Uji Aktivitas Antioksidan dan IC <sub>50</sub> .....	75
Lampiran 7. Tabel Uji SPSS .....	81
Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian .....	84

## ABSTRAK

Khasanah, Ista'inul. 2023. **Pengaruh Variasi Konsentrasi Etanol Terhadap Kadar Total Fenolik dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul.** Proposal. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Akyunul Jannah, S. Si, M. P. Pembimbing II: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc.

---

**Kata kunci:** Bekatul Beras Merah (*Oryza nivara* L.), Bekatul Beras Putih (*Oryza sativa* L.), Sonikasi, Antioksidan, Senyawa Fenolik

Bekatul merupakan limbah proses penggilingan padi yang kaya akan senyawa aktif bermanfaat. Salah satunya adalah senyawa fenolik. Senyawa fenolik pada bekatul termasuk salah satu senyawa utama antioksidan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas antioksidan dan kadar total fenolik dari ekstrak etanol bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.).

Senyawa fenolik pada bahan alam diperoleh melalui proses ekstraksi. Metode ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini adalah sonikasi dengan waktu ekstraksi selama 20 menit pada dua variasi jenis bekatul, yaitu bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.) menggunakan pelarut etanol dengan dua variasi konsentrasi, yaitu 70% dan 96%. Kemudian, ekstrak yang diperoleh dilakukan uji kadar total fenolik menggunakan metode *Folin-Ciocalteu*. Dilanjutkan dengan uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH. Kemudian, dilakukan uji korelasi kadar total fenolik dengan nilai  $IC_{50}$  yang diperoleh. Selanjutnya, data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan *two way* ANOVA.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan terbaik ekstraksi bekatul beras merah menggunakan etanol 70% memiliki kadar total fenolik 15,88 mg GAE/g dan aktivitas antioksidan dengan nilai  $IC_{50}$  14,29 ppm. Hasil uji korelasi yang dilakukan berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut pada penelitian ini adalah sama, yaitu -0,985. Nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut diperoleh hasil tidak terdapat perbedaan keeratan hubungan antara  $IC_{50}$  dengan kadar total fenolik pada ekstrak bekatul. Keeratan hubungan antar variabelnya adalah sangat kuat dan arah hubungannya berbanding terbalik.

## ABSTRACT

Khasanah, Ista'inul. 2023. **Effect of Variation of Ethanol Concentration on Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Rice Bran Extract**. Proposal. Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor I: Dr. Akyunul Jannah, S. Si, M. P. Supervisor II: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc.

---

**Key word:** *Red Rice Bran (Oryza nivara L.), White Rice Bran (Oryza sativa L.), Sonication, Antioxidant, Phenolic Compounds*

Rice bran is a waste of rice milling process which is rich in beneficial active compounds. One of them is phenolic compounds. Phenolic compounds in rice bran are one of the main antioxidant compounds. The purpose of this study was to determine the antioxidant activity and total phenolic content of the ethanol extracts of red rice bran (*Oryza nivara L.*) and white rice bran (*Oryza sativa L.*).

Phenolic compounds in natural products are obtained through an extraction process. The extraction method used in this study was sonication with an extraction time of 20 minutes on two variations of bran, namely red rice bran (*Oryza nivara L.*) and white rice bran (*Oryza sativa L.*) using ethanol solvent with two concentration variations, namely 70% and 96%. Then, the extract obtained was tested for total phenolic levels using the *Folin-Ciocalteu* method. Followed by testing the antioxidant activity using the DPPH method. Then, a correlation test of total phenolic content with the  $IC_{50}$  value was carried out. Furthermore, the data obtained will be analyzed using *two way ANOVA*.

The result of this study showed that the best treatment for red rice bran extraction using 70% ethanol had a total phenolic content of 15,88 mg GAE/g and antioxidant activity with an  $IC_{50}$  value of 14,29 ppm. The results of the  $IC_{50}$  correlation test with total phenolic content which was carried out based on differences in solvent concentration in this study were the sae, namely -0,985. This correlation value shows that based on differences in solvent concentration, the results obtained shoed that there was no difference in the closeness of the relationship between  $IC_{50}$  and total phenolic content in rice bran extract. The close relationship between the variable is very strong and the direction of the relationship is inversely proportional.

## مستخلص البحث

الحسنة ، استعينو. ٢٠٢٣. تأثير تباين تركيز الإيثانول على والمستويات الفينولية و نشاط مضادات الأكسدة الكلية لمستخلص النخالة. بحث جامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المُشْرِفَةُ الأُوْلَى: الدكتورة أكيونو الجنة، الماجستير. المُشْرِفَةُ الثَّانِيَّةُ: لؤلؤة حميدة العليا، الماجستير

الكلمات الرئيسية: نخالة الأرز البني (*Oryza sativa* L.)، نخالة الأرز الأبيض (*Oryza sativa* L.)، صوتنة، مضادات الأكسدة، الكلمات الرئيسية: نخالة الأرز البني (*Oryza sativa* L.)، نخالة الأرز الأبيض (*Oryza sativa* L.)، صوتنة، مضادات الأكسدة، المركبات الفينولية

نخالة الأرز هي مضيفة لعملية طحن الأرز الغنية بالمركبات النشطة المفيدة. واحد منهم هو المركبات الفينولية. المركبات الفينولية في نخالة الأرز هي واحدة من المركبات المضادة للأكسدة الرئيسية. كان الغرض من هذا البحث هو تحديد النشاط المضاد للأكسدة والمستويات الفينولية الكلية لمستخلصات الإيثانول من نخالة الأرز البني (*Oryza sativa* L.) ونخالة الأرز الأبيض (*Oryza sativa* L.).

يتم الحصول على المركبات الفينولية في المواد الطبيعية من خلال عملية الاستخراج. كانت طريقة الاستخراج المستخدمة في هذا البحث هي صوتنة مع وقت استخراج ٢٠ دقيقة على نوعين مختلفين من أنواع النخالة، وهما نخالة الأرز البني (*Oryza sativa* L.) ونخالة الأرز الأبيض (*Oryza sativa* L.) باستخدام مذيب الإيثانول مع اختلافين في التركيز، وهما ٧٠٪ و ٩٦٪. بعد ذلك، تم اختبار المستخلص الذي تم الحصول عليه لمستويات الفينول الكلية باستخدام طريقة *Folin-Ciocalteu* يليه اختبار نشاط مضادات الأكسدة باستخدام طريقة DPPH. بعد ذلك، تم إجراء اختبار ارتباط لمستويات الفينول الكلية مع قيمة IC<sub>50</sub> التي تم الحصول عليها. علاوة على ذلك، سيتم تحليل البيانات التي تم الحصول عليها باستخدام ANOVA.

أظهرت نتائج هذا البحث أن أفضل علاج لاستخراج نخالة الأرز البني باستخدام الإيثانول بنسبة ٧٠٪ يحتوي على إجمالي محتوى فينولي يبلغ ١٥,٨٨ مجم GAE / g ونشاط مضاد للأكسدة بقيمة IC<sub>50</sub> تبلغ ١٤,٢٩ جزء في المليون. كانت نتائج اختبار ارتباط IC<sub>50</sub> مع إجمالي مستويات الفينول التي أجريت بناء على الاختلافات في تركيز المذيبات في هذا البحث هي نفسها، وهي ٠,٩٨٥-. تظهر قيمة الارتباط أنه بناء على الاختلاف في تركيز المذيب، لا يوجد فرق في قرب العلاقة بين IC<sub>50</sub> والمحتوى الفينولي الكلي في مستخلص النخالة. تقارب العلاقة بين المتغيرات قوي جدا واتجاه العلاقة يتناسب عكسيا.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bekatul merupakan produk samping hasil penggilingan padi yang masih mengandung senyawa bioaktif dan nutrisi (Sapwarobol *et al.*, 2021). Produksi padi di Indonesia setiap tahunnya mencapai angka sekitar 75,39 juta ton. Sehingga, jumlah dari bekatul setiap tahunnya adalah sekitar 6-7,5 juta ton di Indonesia (Mairiza *et al.*, 2022). Bekatul bermanfaat sebagai antihipertensi, anti-inflamasi, meningkatkan fungsi usus, mengurangi hiperglikemia, antioksidan, antidiabetes, efek penurunan lipid, dan antikanker. Bekatul mengandung 50% karbohidrat (terutama pati), 20% lemak, 15% protein, dan 15% serat. Bekatul mengandung senyawa bioaktif sumber antioksidan, seperti senyawa  $\gamma$ -oryzanol, tokoferol, polifenol, dan flavonoid serta peptida (Sapwarobol *et al.*, 2021).

Antioksidan berfungsi untuk menangkal radikal bebas dengan cara menghambat proses oksidasi. Salah satu bentuk radikal bebas adalah ROS (*Reactive Oxygen Species*). Berdasarkan sumbernya, antioksidan dibagi menjadi dua, yaitu antioksidan alami dan sintetik. Antioksidan sintetik merupakan molekul dari berbagai struktur kimia yang diproduksi oleh para ahli dalam industri. Sedangkan antioksidan alami dihasilkan oleh organisme hidup, seperti mikroorganisme, jamur, tumbuhan, dan hewan (Stoia & Oancea, 2022). Allah Swt. berfirman dalam Al-Qur'an surah Al-An'am ayat 95:

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۗ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ۗ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ ۗ فَأَنَّىٰ تُؤْفَكُونَ ﴿٩٥﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir (padi-padian) dan biji (kurma). Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, maka mengapa kamu masih berpaling?*” (Qs. Al-An’am ayat 95).

Surah Al-An’am ayat 95 menjelaskan bahwa alam dalam perspektif Islam adalah tanda “keberadaan” Allah. Manusia sebagai khalifah Allah, bertanggung jawab dalam hal kelestarian dan kerusakan alam (Rosdialena, 2018). Fakh al-Din al-Razi (1999) dalam tafsir *Mafatihul Ghayb* menjelaskan dalam surah Al-An’am ayat 95, tumbuh-tumbuhan dikategorikan menjadi dua, yaitu biji dalam buah-buahan, seperti biji kurma, biji buah persik, dan lain-lain. Dan tumbuhan yang berbutir, seperti gandum, padi, dan lain-lain. Banyak cara yang bisa dilakukan untuk melestarikan alam. Memanfaatkan apa yang ada di alam secara optimal juga termasuk salah satu cara melestarikan alam. Dengan cara mengolah sumber daya alam secara optimal akan meminimalisir jumlah limbah yang dapat berkontribusi menjadi salah satu penyebab kerusakan alam. Salah satu contoh upaya pengoptimalan sumber daya alam adalah dengan berupaya mengoptimalkan pengolahan limbah padi atau bekatul. Salah satu manfaat dari bekatul adalah sebagai antioksidan.

Golongan senyawa antioksidan alami terbesar pada tumbuhan adalah senyawa fenolik (Dhurhania & Novianto, 2019). Senyawa fenolik memiliki hubungan kuat dengan antioksidan karena senyawa fenolik dapat menjadi pereduksi yang mendonorkan atom hidrogen pada radikal bebas (Permatasari *et al.*, 2020). Pang *et al* (2018) melaporkan kadar total fenolik hasil ekstraksi maserasi dari bekatul beras merah rata-rata 0,405 mg GAE/g dan dari bekatul beras putih adalah 0,116 mg GAE/g. Kemudian Shao *et al* (2014) melaporkan

bahwa kadar total fenolik hasil ekstraksi maserasi dari bekatul beras merah 1,657 mg GAE/g dan dari bekatul beras putih adalah 0,303 mg GAE/g. Dan berdasarkan penelitian Widarta *et al* (2013) diperoleh kadar total fenolik hasil ekstraksi maserasi dari bekatul beras merah 3,01 mg GAE/g dan dari bekatul beras putih adalah 2,00 mg GAE/g.

Senyawa antioksidan dapat diuji menggunakan beberapa metode, salah satunya adalah metode DPPH. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) merupakan radikal bebas yang berwarna biru tua cenderung pekat. Pada metode ini, DPPH akan menerima atom hidrogen dari senyawa antioksidan. Metode DPPH relatif murah, efektif, efisien, dan memiliki sensitivitas yang baik terhadap spektrofotometer UV-Vis (Hikmawanti *et al.*, 2021). Ulfa (2016) melaporkan bahwa uji antioksidan ekstrak bekatul beras putih menggunakan metode DPPH memperoleh hasil aktivitas antioksidan tertinggi, yaitu 61,17% pada konsentrasi uji optimum 800 ppm. Kemudian, Ulyah (2019) menunjukkan hasil aktivitas antioksidan tertinggi ekstrak bekatul beras putih, yaitu 81,83% pada konsentrasi uji optimum 800 ppm. Senyawa antioksidan alami dapat diperoleh melalui tahap ekstraksi.

Metode yang digunakan untuk ekstraksi senyawa bioaktif pada penelitian ini adalah metode *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE) atau metode sonikasi. Metode ekstraksi sonikasi menggunakan gelombang ultrasonik dan pelarut untuk mengekstrak senyawa target dari berbagai matriks tanaman. Ultrasonik merupakan gelombang mekanik dengan rentang frekuensi (> 20 kHz) lebih tinggi dari rentang frekuensi pendengaran manusia (20 Hz hingga 20 kHz) (Kumar *et al.*, 2021). Kelebihan dari metode sonikasi adalah

dapat menghasilkan efek kavitas yang dapat memecahkan dinding sel, memperkecil ukuran partikel dan meningkatkan laju reaksi melalui transfer massa dinding sel tanpa menyebabkan perubahan struktur dan fungsi ekstrak (Wen *et al.*, 2018), ekstrak lebih banyak dengan waktu yang lebih singkat dan pelarut yang lebih sedikit. Sehingga akan diperoleh hasil ekstrak yang lebih baik dengan cara yang lebih ekonomis (Egues *et al.*, 2021).

Ghasemzadeh *et al* (2015) menunjukkan bahwa bekatul beras putih dari Malaysia yang diekstrak menggunakan metode sonikasi memiliki aktivitas antioksidan (68,05%) lebih tinggi dibandingkan menggunakan metode maserasi (57,33%). Kemudian, Sharma dan Bhat (2021) menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak kulit labu menggunakan metode sonikasi (88,32 hingga 93,53 %) lebih tinggi dibandingkan metode konvensional (50,61 hingga 57,79%). Dan Hong *et al* (2021) melaporkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak apel menggunakan metode sonikasi (80,26%) lebih tinggi dibandingkan menggunakan metode enzimatis (73,99%). Kemudian, beberapa penelitian terdahulu memperoleh hasil aktivitas antioksidan yang tinggi pada waktu ekstraksi sonikasi yang optimum, yaitu 20 menit, seperti Surin *et al* (2020) melaporkan bahwa nilai IC<sub>50</sub> ekstrak bekatul beras merah adalah 1,09 mg/mL, Sekarsari *et al* (2019) menyatakan hasil antioksidan tertinggi ekstrak daun jambu biji 86,37%, dan Handayani & Sriherfyna (2016) menunjukkan bahwa antioksidan tertinggi ekstrak daun sirsak 78,14%. Berdasarkan prinsip ekstraksi “*like dissolves like*” maka pemilihan pelarut akan mempengaruhi hasil ekstraksi (Pongkasamepornkul *et al.*, 2022).

Beberapa pelarut yang biasa digunakan untuk ekstraksi, yaitu metanol, aseton, dan etanol. Namun, etanol lebih aman untuk digunakan karena toksisitasnya dan efektivitas biaya yang lebih rendah (Pongkasamepornkul *et al.*, 2022), lebih ramah lingkungan daripada alkohol murni dan aman digunakan sebagai pelarut ekstraksi untuk keperluan makanan dan pengobatan alami. Pelarut etanol merupakan pelarut yang sangat polar karena memiliki gugus hidroksil ( $\text{-OH}$ ) (Azhar *et al.*, 2022). Hikmawanti *et al* (2021) menunjukkan hasil bahwa kemampuan antioksidan ekstrak daun katuk dengan variasi konsentrasi uji 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm menggunakan pelarut etanol 70% ( $\text{IC}_{50}$  90,04 ppm) lebih kuat dibandingkan menggunakan etanol 96% ( $\text{IC}_{50}$  95,73 ppm). Amanda & Raharjo (2022) menyatakan bahwa kemampuan antioksidan ekstrak selada air dengan variasi konsentrasi uji 250, 300, 350, dan 400 ppm menggunakan pelarut etanol 70% ( $\text{IC}_{50}$  190,892 ppm) lebih kuat dibandingkan menggunakan etanol 96% ( $\text{IC}_{50}$  613,776 ppm). Namun, Islamiyati & Saputri (2018) melaporkan bahwa kemampuan antioksidan ekstrak daun salam dengan variasi konsentrasi uji 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm menggunakan pelarut etanol 96% ( $\text{IC}_{50}$  49,36 ppm) lebih kuat dibandingkan menggunakan etanol 70% ( $\text{IC}_{50}$  54,49 ppm). Dan Susiloningrum & Sari (2021) melaporkan bahwa kemampuan antioksidan ekstrak temu mangga dengan variasi konsentrasi uji 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm menggunakan pelarut etanol 96% ( $\text{IC}_{50}$  75,06 ppm) lebih kuat dibandingkan menggunakan etanol 70% ( $\text{IC}_{50}$  88,51 ppm).

Berdasarkan latar belakang tentang manfaat senyawa bioaktif pada bekatul dan perbedaan hasil aktivitas antioksidan yang diperoleh peneliti

terdahulu ketika menggunakan konsentrasi pelarut yang berbeda maka peneliti ingin menguji pengaruh variasi konsentrasi pelarut etanol dan jenis bekatul terhadap aktivitas antioksidan ekstrak bekatul dan dioptimalkan dengan melakukan uji penentuan kadar total fenolik yang diketahui memiliki korelasi dengan kemampuan antioksidan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh pelarut etanol 70% dan 96% terhadap kadar total fenolik ekstrak etanol bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.)?
2. Bagaimana pengaruh pelarut etanol 70% dan 96% terhadap aktivitas antioksidan ekstrak etanol bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui pengaruh pelarut etanol 70% dan 96% terhadap kadar total fenolik ekstrak etanol bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.).

2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pelarut etanol 70% dan 96% terhadap aktivitas antioksidan ekstrak etanol bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.).

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Sampel yang digunakan adalah bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) varietas pamelen hasil penggilingan padi di Desa Jatijejer, Kabupaten Mojokerto dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.) varietas ULTRA seed hasil penggilingan padi di Desa Golokan, Kabupaten Gresik.
2. Ekstraksi bekatul menggunakan metode sonikasi.
3. Pelarut yang digunakan adalah etanol 70% dan 96%.
4. Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

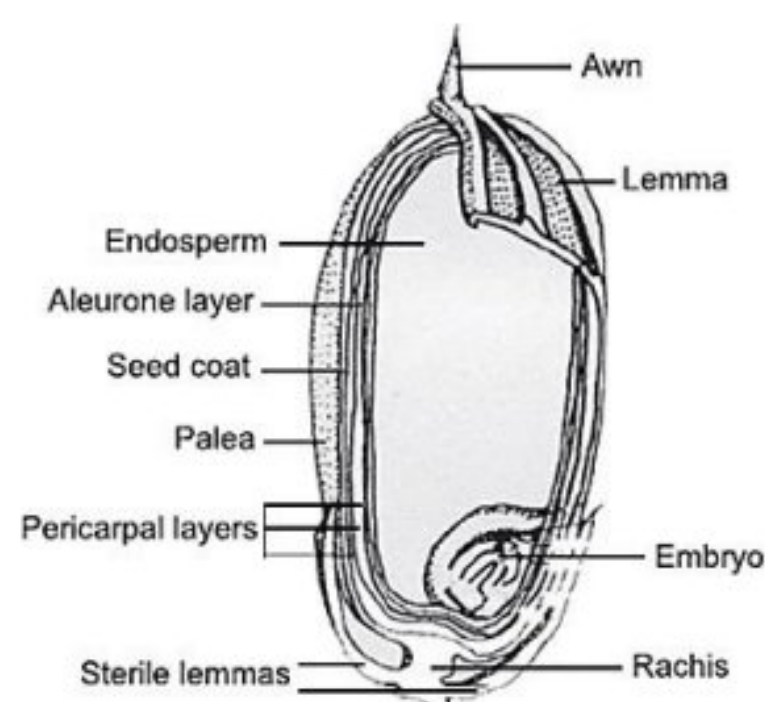
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh variasi konsentrasi pelarut etanol kadar total fenolik dan aktivitas antioksidan ekstrak etanol bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) dan bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.) menggunakan metode sonikasi. Data yang diperoleh pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya sehingga dapat diperoleh hasil penelitian yang lebih baik lagi. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat untuk menjadi salah satu referensi dalam mendapatkan ide dan inovasi dalam mengoptimalkan sumber daya alam.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bekatul Beras Merah dan Bekatul Beras Putih

Bekatul merupakan limbah hasil samping penggilingan padi yang kaya akan zat-zat gizi. Produksi padi diperkirakan mencapai 55,67 juta ton Gabah Kering Giling (GKG). Jumlah produksi pada tahun 2022 menunjukkan kenaikan sebesar 1,25 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) atau 2,31% dibandingkan produksi padi pada tahun 2021 yang diperkirakan mencapai 54,42 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) (Central Bureau of Statistics, 2022). Proses penggilingan padi menghasilkan produk utama yaitu 70% beras (endosperm) dan produk samping yang terdiri dari 20% sekam, 8% bekatul, dan 2% germ (embrio) (Punia *et al.*, 2021). Bekatul merupakan lapisan luar dari kernel beras yang terdiri dari perikarp, aleuron, dan kulit biji (Sapwarobol *et al.*, 2021). Bekatul terletak pada lapisan bagian dalam dari padi yang termasuk bagian endosperm padi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Sebutir Beras (Esa et al., 2016).

Bekatul merupakan sumber serat makanan yang baik. Serat makanan bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan pencernaan, mengatur berat badan,

mengurangi risiko terkena penyakit kardiovaskular, diabetes, dan beberapa jenis kanker (Qiao *et al.*, 2021). Manfaat-manfaat tersebut diperoleh dari kandungan nutrisi dan senyawa aktif yang terdapat dalam bekatul. Kandungan nutrisi dan senyawa aktif dalam bekatul dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan nutrisi dan senyawa aktif dalam bekatul

Komponen bekatul	Jumlah komponen	
	Bekatul beras merah	Bekatul beras putih
Abu <sup>1</sup>	7,99 ± 0,11 %	10,68 – 11,17 %
Protein <sup>1</sup>	7.13 ± 0,03 %	15,75 – 17,45 %
Lemak <sup>1</sup>	9,64 ± 0,31 %	20,63 ± 1,71 %
Karbohidrat <sup>1</sup>	17,34 ± 0,53 %	70,78 – 73,57 %
Serat pangan total <sup>1</sup>	66,18 ± 0,36 %	31,21 – 34,44 %
Antosianin <sup>2</sup>	218,24 - 314,99 mg CyE/100g	2,18 – 10,72 CyE/100g
Flavonoid bebas <sup>2</sup>	23,26 ± 1,18 mg QE/100g	28,52 – 135,18 QE/100g
Flavonoid terikat <sup>2</sup>	1,19 ± 0,03 mg QE/100g	11,63 – 105,70 QE/100g
Total flavonoid <sup>2</sup>	24,45 ± 1,21 mg QE/100g	40,15 – 240,88 QE/100g
Fenolik bebas <sup>2</sup>	85,51 – 238,76 mg GAE/100g	153,30 – 329,65 GAE/100g
Fenolik terikat <sup>2</sup>	332,98 – 457,00 mg GAE/100g	102,05 – 149,28 GAE/100g
Total fenol <sup>2</sup>	0,35 ± 0,02 mg GAE/100g	269,85 – 447,68 GAE/100g

Sumber:<sup>1</sup>Kalpanadevi *et al* (2018)

<sup>2</sup>Ghasemzadeh *et al* (2018)

Serat pangan dalam bekatul terdiri atas selulosa, hemiselulosa, pektin, arabinosilan, lignin, dan  $\beta$ -glukan (Andriani *et al.*, 2022). Bekatul juga mengandung minyak, yang terdiri dari senyawa bioaktif seperti fitosterol,  $\beta$ -sitosterol, tokotrienol, skualena, polikosanol, asam fitat, dan asam ferulat (Punia *et al.*, 2021).

## 2.2 Metode Ekstraksi Sonikasi

Ekstraksi merupakan tahap memperoleh ekstrak kasar yang mengandung berbagai senyawa bioaktif. Dari ekstrak kasar tersebut kemudian akan diperoleh

senyawa aktif yang diinginkan untuk kemudian dilakukan pemisahan dan identifikasi lanjut jika diperlukan (Diniyah *et al.*, 2020). Metode sonikasi adalah metode ekstraksi yang efisien untuk berbagai senyawa dari berbagai jenis matriks dan sumber (Baite *et al.*, 2021). Sonikasi didefinisikan sebagai metode ekstraksi yang dilakukan menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi lebih dari 20 kHz, yang merupakan ambang batas untuk deteksi pendengaran manusia. Dan efektif pada frekuensi yang berkisar dari 20 kHz hingga 50 kHz. Metode ini akan menghasilkan getaran yang membuat medium di sekitarnya bergetar dan kemudian gelombang ultrasonik akan mentransfer energi ke partikel tetangga lainnya (Wen *et al.*, 2018).

Gelombang ultrasonik menciptakan kompresi dan ekspansi di media selama proses sonikasi yang disebut sebagai kavitasi. Efek kavitasi tersebut yang mendasari prinsip kerja dari metode ini. Gelembung yang terbentuk akibat efek kavitasi akan membesar menjadi berbagai jenis ukuran dan kemudian pecah melepaskan gelombang yang kuat. Sehingga, akan menyebabkan penipisan membran sel dan gangguan sel yang dapat meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam sel dan memperkuat transfer massa senyawa target ke dalam pelarut. Proses ini akan mengakibatkan terjadinya peningkatan perpindahan massa dari senyawa bioaktif tanaman ke pelarut dan diikuti dengan hasil ekstraksi yang meningkat (Azhar *et al.*, 2022).

Metode ini merupakan metode yang potensial untuk mengekstrak minyak, protein, dan senyawa bioaktif dari tanaman karena perambatan gelombang dan gaya kavitasi yang dihasilkan akan memecah dinding sel dan meningkatkan pelepasan senyawa ke dalam pelarut (Campos *et al.*, 2022). Efek kavitasi yang

dihasilkan memiliki pengaruh signifikan terhadap proses ekstraksi sonikasi yang menjadikan metode ini menjadi lebih efisien (Wen *et al.*, 2018). Efisiensi ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik terjadi karena metode ini memungkinkan penetrasi pelarut yang lebih baik ke dalam sel, dan gelembung mikro yang terbentuk akibat kavitasi selanjutnya membantu memecahkan dinding sel untuk memudahkan pelepasan senyawa bioaktif ke dalam pelarut (Baite *et al.*, 2021). Metode ekstraksi ini memiliki keunggulan, seperti tidak merusak bahan aktif dalam matriks tanaman, mengintensifkan ekstraksi senyawa bioaktif (seperti fenolat) (Campos *et al.*, 2022), menghemat waktu dan pelarut (Azhar *et al.*, 2022), lebih efektif, ramah lingkungan (Egues *et al.*, 2021), suhu yang lebih rendah dan biaya peralatan yang relatif lebih murah sehingga lebih ekonomis (Kobus *et al.*, 2022).

### **2.3 Radikal Bebas**

Radikal bebas adalah molekul yang mengandung elektron tidak berpasangan pada orbital luar dan sangat reaktif di dalam tubuh dengan mengoksidasi (menangkap elektron dari atom lain) atau kadang mereduksi (mendonorkan elektron ke atom lain) atom lain (Adwas *et al.*, 2019). Dalam kimia, radikal bebas adalah spesies yang mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan dan dapat bereaksi dengan molekul lain, baik dengan mendonorkan elektron yang tidak berpasangan tersebut elektron ke molekul lain atau dengan mengambilnya dari molekul lain untuk meningkatkan stabilitas. Dengan cara ini ia mengubah molekul yang bereaksi menjadi radikal bebas lain, jadi umum. Reaksi radikal bebas adalah proses berantai, satu radikal

memunculkan radikal lain. Proses ini hanya berhenti ketika dua radikal bebas bereaksi satu sama lain. Sedangkan dalam biologi, radikal bebas yang banyak ditemukan dalam sistem biologis tubuh adalah ROS. *Reactive oxygen species* (ROS) merupakan spesies reaktif yang terbentuk sebagai produk samping alami dari metabolisme aerobik seluler. ROS dapat diinduksi oleh sumber eksogen, seperti tembakau, polusi, asap, obat-obatan, xenobiotik atau radiasi pengion, yang menyebabkan efek *irreversible* pada perkembangan jaringan pada hewan dan tumbuhan. Dalam hal ini, faktor abiotiknya, seperti kekurangan air atau suhu tinggi dapat mempengaruhi emisinya (Juan *et al.*, 2021).

Beberapa senyawa yang termasuk ROS, yaitu superoksida, hidrogen peroksida, radikal hidroksil, oksigen singlet, peroksil radikal, radikal alkoksil, lipid hidroperoksida, peroksinitrit, asam hipoklorit, dan ozon (Ahmed & Mohammed, 2020). ROS sangat penting untuk kehidupan manusia dan memainkan peran kunci dalam berbagai proses pensinyalan dan patologis (Kwon *et al.*, 2021). Namun, ROS yang diproduksi berlebihan dapat mengakibatkan stres oksidatif, merusak struktur sel, seperti karbohidrat, lipid, asam nukleat, dan protein, dan akibatnya mengubah fungsinya. Stres oksidatif didefinisikan sebagai suatu kondisi yang terjadi ketika keseimbangan kritis antara pembentukan radikal bebas dan pertahanan antioksidan tidak menguntungkan. Keadaan stres oksidatif dapat dikaitkan dengan berbagai penyakit degeneratif, seperti aterosklerosis, kanker, gangguan saraf, diabetes, kardiovaskular (Durazzo *et al.*, 2021), alzheimer, penyakit parkinson, dan peradangan (Kwon *et al.*, 2021).

## 2.4 Antioksidan

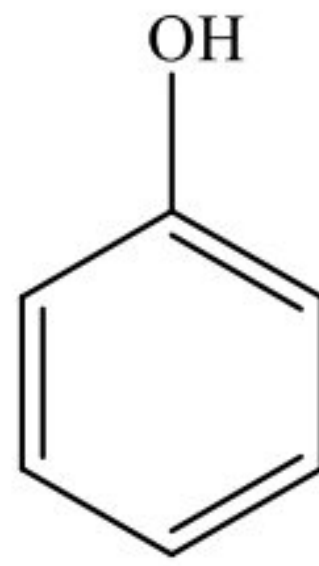
Antioksidan adalah molekul yang memiliki kemampuan untuk mencegah atau menghambat oksidasi makromolekul. Peran antioksidan adalah menurunkan atau menghentikan reaksi berantai tersebut dengan cara menghambat radikal bebas melalui proses reduksi. Jadi, antioksidan seringkali dapat menjadi agen pereduksi, seperti polifenol (Adwas *et al.*, 2019). Antioksidan meredakan radikal bebas dan memainkan peran penting dalam melestarikan fungsi seluler terbaik (Neha *et al.*, 2019). Antioksidan diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, antioksidan endogen dan antioksidan eksogen (Ahmed & Mohammed, 2020). Antioksidan endogen dapat berupa enzimatis atau non-enzimatis. Antioksidan enzimatis endogen terdiri dari glutathione peroxidase, superoksida dismutase dan katalase sedangkan antioksidan non-enzimatis adalah asam urat, asam lipoat, bilirubin, glutathione dan melatonin. Kategori antioksidan eksogen mengacu pada antioksidan yang diperoleh dari sumber eksternal, seperti vitamin E, A, dan C, flavonoid alami, dll (Neha *et al.*, 2019).

Antioksidan dapat dikategorikan sebagai antioksidan alami dan sintetis. Kategori pertama adalah antioksidan sintetis adalah antioksidan yang berpusat pada minyak bumi yang terdiri dari *butylated hydroxytoluene* (BHT), *octyl gallate* (OG), *butylated hydroxyanisole* (BHA), *propyl gallate* (PG) dan *tert-butylhydroquinone* (TBHQ) (Neha *et al.*, 2019). Kemudian kategori kedua adalah antioksidan alami yang dapat memperkuat pertahanan antioksidan endogen dari ROS dan mengembalikan keseimbangan optimal dengan menetralkan spesies reaktif (Adwas *et al.*, 2019). Sumber antioksidan alami

banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan dan menjadi bagian dari makanan sehari-hari, misalnya buah-buahan, sayuran, biji-bijian, kacang-kacangan, daun, akar, dan kulit kayu. Vitamin dan metabolit sekunder dari tumbuhan yaitu polifenol yang merupakan golongan utama senyawa kimia yang memiliki sifat penangkal radikal bebas (Romulo, 2020).

## **2.5 Senyawa Fenolik**

Senyawa fenolik merupakan golongan senyawa heterogen yang memiliki gugus hidroksil dengan struktur kimia yang beragam dan paling banyak terdapat dalam tanaman sebagai senyawa antioksidan (Dhurhania & Novianto, 2019; Diniyah & Lee, 2020; Zamuz *et al.*, 2021). Fenolik ditemukan dalam bentuk bebas dan terkonjugasi yang larut dalam pelarut organik dan terikat yang tidak larut dalam pelarut organik (Lopez *et al.*, 2018). Beberapa senyawa yang termasuk golongan fenolik, antara lain fenol, polifenol, kumarin, tanin, saponin, flavonoid, tokoferol, lignin, dan flavonoid (Haryani *et al.*, 2019). Senyawa ini memiliki cincin fenol, yaitu gugus hidroksil yang terikat pada cincin benzena (Dhurhania & Novianto, 2019). Senyawa induk atau senyawa dasar dari fenolik adalah senyawa fenol dengan struktur senyawa seperti pada Gambar 2.2 (Haryani *et al.*, 2019). Senyawa fenolik yang memiliki satu cincin benzena dengan satu gugus hidroksil disebut dengan fenol dan yang memiliki lebih dari satu gugus hidroksil disebut polifenol (Dhurhania & Novianto, 2019).



Gambar 2.2 Struktur senyawa fenol (Koirewoa & Raunsay, 2016).

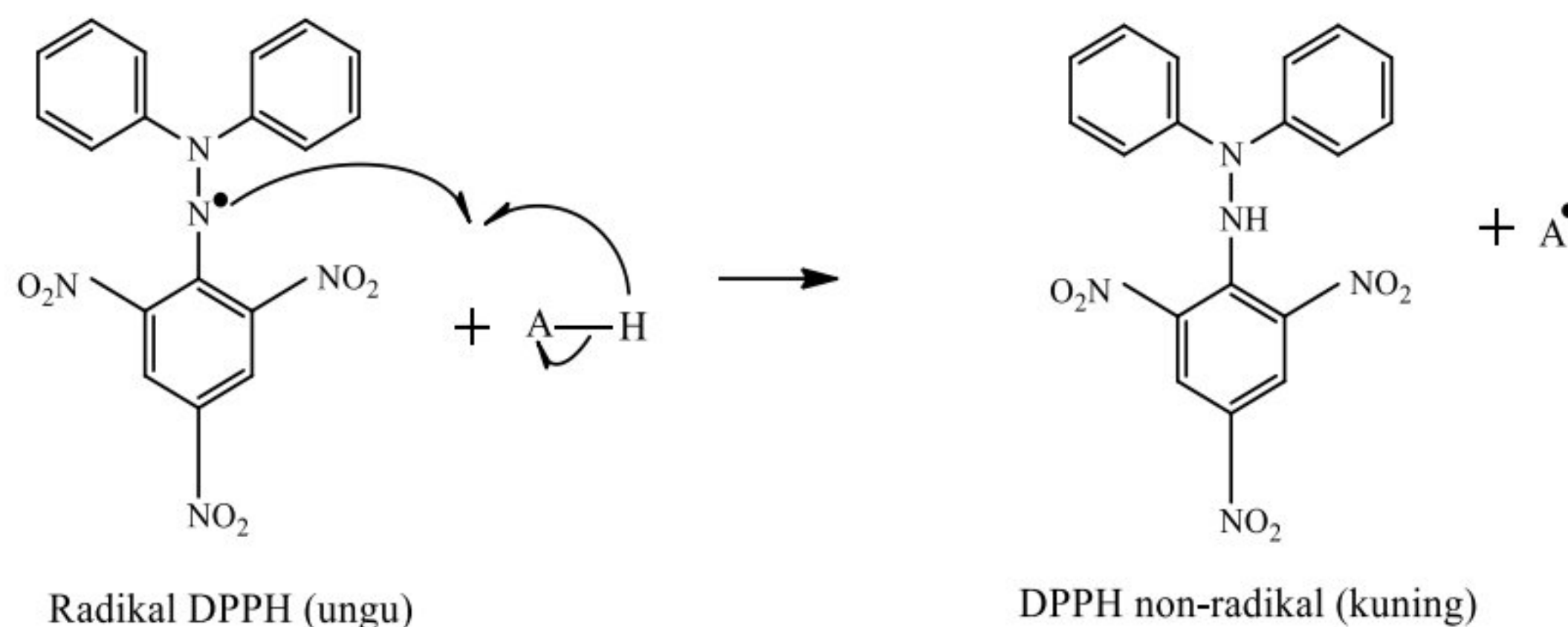
Senyawa fenolik memiliki aktivitas antioksidan yang berhubungan dengan kemampuan inaktivasi spesies radikal reaktif. Kemampuan inaktivasi tersebut terjadi pada proses netralisasi, yaitu ketika antioksidan mentransfer elektron dan/atau atom hidrogennya ke radikal hingga terbentuk radikal fenoksil yang stabil (Olszowy, 2019). Kemampuannya membentuk radikal fenoksil yang stabil pada reaksi oksidasi menyebabkan senyawa fenolik sangat potensial sebagai antioksidan (Dhurhania & Novianto, 2019). Oleh karena itu, senyawa fenolik memiliki korelasi positif dengan aktivitas antioksidan (Diniyah *et al.*, 2020). Selain sebagai antioksidan, senyawa fenolik juga memiliki manfaat lain, seperti sebagai perlindungan terhadap stres oksidatif, antikarsinogenik, antimikroba (Diniyah & Lee, 2020), anti radang, anti kanker, antidiabetes, antimutagenesis (Haryani *et al.*, 2019), dan anti-inflamasi (Mahfuz *et al.*, 2021).

Senyawa fenolik dapat dianalisis kadarnya atau biasa disebut dengan uji kadar total fenolik menggunakan metode *Folin-Ciocalteu*. Pada analisis menggunakan metode *Folin-Ciocalteu*, senyawa fenolik dalam sampel akan bereaksi dengan reagen *Folin-Ciocalteu* menghasilkan senyawa kompleks yang berwarna biru (Haryani *et al.*, 2019). Intensitas warna produk yang dihasilkan akan menunjukkan kadar kandungan senyawa fenolik yang ada sampel. Kadar total fenolik yang diperoleh dinyatakan menggunakan satuan mg GAE/g

ekstrak. GAE merupakan singkatan dari *Gallic Acid Equivalent*. Dinyatakan sebagai ekuivalen asam galat karena penentuan kadar total fenolik ini hanya untuk mengetahui jumlah fenoliknya saja. Namun, struktur kimia senyawa fenolik yang terdapat dalam sampel belum diketahui (Indra *et al.*, 2019).

## **2.6 Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH**

Uji aktivitas antioksidan secara *in vitro* salah satunya dapat dilakukan menggunakan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). Prinsip kerja metode DPPH didasarkan pada pengukuran penangkapan kapasitas antioksidan senyawa radikal DPPH yang berwarna ungu oleh senyawa antioksidan dengan cara mereduksinya (mendonorkan atom hidrogen ke radikal DPPH) hingga dihasilkan produk senyawa DPPH non-radikal yang berwarna kuning seperti pada Gambar 3.3 (Haerani *et al.*, 2019). Perubahan warna yang terjadi berkorelasi linier positif dengan aktivitas antioksidan yang digunakan untuk mereduksi senyawa radikal bebas tersebut. Uji antioksidan ini dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum DPPH dan kemudian spektrofotometer UV-Vis akan membaca nilai absorbansi dari senyawa radikal DPPH sisa. Radikal DPPH sisa merupakan senyawa DPPH yang tidak ikut direduksi oleh senyawa antioksidan. Senyawa radikal DPPH merupakan senyawa organik berwarna ungu yang mengandung nitrogen tidak stabil (Nurmazela *et al.*, 2022).



Gambar 2.3 Reaksi antioksidan dengan radikal DPPH (Kurniawati & Sutoyo, 2021)

Berdasarkan Gambar 3.3 setelah radikal DPPH bereaksi dengan senyawa antioksidan maka radikal DPPH akan berkurang. Pengurangan radikal DPPH ditandai dengan perubahan warna dari ungu menjadi kuning (Nurmazela *et al.*, 2022). Perubahan warna yang terjadi menjadi penanda bahwa nilai absorbansi DPPH mengalami penurunan sebagai akibat terjadinya penangkapan atom hidrogen senyawa antioksidan oleh radikal DPPH sehingga terbentuk DPPH yang stabil (Haerani *et al.*, 2019). Semakin banyak penangkapan atom hidrogen antioksidan maka semakin banyak radikal antioksidan yang terbentuk (Mastura *et al.*, 2022). Parameter dari metode DPPH adalah % aktivitas antioksidan dan  $IC_{50}$  (Widyasanti *et al.*, 2016).  $IC_{50}$  merupakan jumlah konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas (Hikmawanti *et al.*, 2021).

## 2.7 Manfaat Tanaman dalam Perspektif Islam

Penyakit yang disebabkan oleh kurangnya zat antioksidan banyak dijumpai di semua kalangan baik dari kalangan anak-anak hingga orang dewasa maupun dari kalangan bawah hingga kalangan atas. Sebagai orang yang beragama Islam

tentu memahami bahwa dalam kitab suci agama islam yaitu Al-Qur'an dijelaskan bahwa Allah Swt. telah menurunkan semua ke bumi tidak dengan sia-sia. Semua yang Allah Swt. berikan untuk manusia di bumi tentu memiliki banyak manfaat. Tugas kita hanya mencari apa saja manfaat dari apa yang sudah Allah Swt. turunkan di bumi kemudian diolah sesuai dengan kebutuhan yang ada (Rosdialena, 2018). Oleh karena itu, manusia memiliki tanggung jawab untuk melestarikan alam yang sudah diberikan oleh Allah Swt. Sebagaimana firman Allah Swt. dalam Al-Qur'an surah Yasin ayat 33-35:

وَأَيُّ هُمْ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةَ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾ وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِنْ نَخِيلٍ وَأَعْنَابٍ  
وَفَجَّرْنَا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ﴿٣٤﴾ لِيَأْكُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ ۖ وَمَا عَمِلَتْهُ أَيْدِيهِمْ ۖ أَفَلَا يَشْكُرُونَ ﴿٣٥﴾

Artinya: “Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, maka daripadanya mereka makan (33). Dan Kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan Kami pancarkan padanya beberapa mata air (34). Supaya mereka dapat makan dari buahnya, dan dari apa yang diusahakan oleh tangan mereka. Maka mengapakah mereka tidak bersyukur? (35)” (Qs. surah Yasin ayat 33-35).

Berdasarkan tafsir tersebut maka surah Yasin ayat 33-35 dapat dimaknai sebagai surat yang memberitahukan manusia tentang melimpahnya sumber daya alam yang sudah diberikan oleh Allah Swt. Shihab (2002) dalam tafsir *Al-Misbah* lebih menekankan pada tugas manusia untuk melestarikan alam. Tafsir tersebut menjelaskan bahwa manusia memiliki peran atas kenikmatan yang sudah Allah berikan terhadap alam. Pada hakikatnya memang Allah Swt. yang memiliki serta memberikan dunia dan seisinya kepada manusia. Namun, manusia juga harus ikut serta dalam menjaga pemberian tersebut. Oleh karena itu, mengoptimalkan sumber daya alam dapat menjadi salah satu upaya dalam

memelihara kelestarian alam. Mengolah kembali limbah yang diperoleh dari sumber daya alam salah satunya, seperti mengolah limbah padi atau bekatul dan mengoptimalkan pengolahannya agar senyawa bioaktif yang ada di dalamnya bisa dimanfaatkan dengan lebih maksimal sebagai sumber antioksidan alami.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada Maret - Juli di Laboratorium Biokimia Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, gelas arloji, spatula, ayakan 60 mesh, alumunium foil, oven, erlenmeyer 250 mL, sonikator *water bath*, corong buchner, kertas saring, rotary evaporator, vial, lemari pendingin, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pipet tetes, pipet ukur 1 mL, labu ukur 10 mL, labu ukur 5 mL, labu ukur 20 mL, labu ukur 50 mL, gelas beaker 25 mL, batang pengaduk, botol semprot, dan spektrofotometer *visible genesys 30*.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan-bahan yang yang digunakan adalah bekatul beras merah (*Oryza nivara* L.) varietas pamelen hasil penggilingan padi di Desa Jatijejer, Kabupaten Mojokerto, bekatul beras putih (*Oryza sativa* L.) varietas ULTRA seed hasil penggilingan padi di Desa Golokan, Kabupaten Gresik., aquades, etanol 96%, etanol 70%, DPPH, asam askorbat, reagen *Folin-Ciocalteau*, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan asam galat.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan dua faktor, masing-masing dengan dua variasi. Faktor pertama adalah konsentrasi pelarut etanol dengan dua variasi, yaitu konsentrasi 70% dan konsentrasi 96%. Kemudian, faktor kedua adalah jenis bekatul dengan dua variasi, yaitu bekatul beras merah dan bekatul beras putih yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perlakuan uji aktivitas antioksidan dan kadar total fenolik dengan variasi jenis bekatul dan konsentrasi etanol

Jenis Bekatul	Konsentrasi Etanol	
	K <sub>1</sub> (70%)	K <sub>2</sub> (96%)
J <sub>1</sub> (bekatul merah)	J <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	J <sub>1</sub> K <sub>2</sub>
J <sub>2</sub> (bekatul putih)	J <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	J <sub>2</sub> K <sub>2</sub>

Bekatul beras merah dan beras putih masing-masing disaring menggunakan ayakan 60 mesh dan diperoleh sampel serbuk. Sampel diekstraksi menggunakan metode sonikasi dengan sonikator *water bath* selama 20 menit. Pelarut yang digunakan adalah etanol 70% dan 96% dengan rasio sampel:pelarut adalah 1:6. Hasil ekstraksi kemudian disaring dengan corong buchner. Kemudian, filtrat yang diperoleh dipisahkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 45 °C. Perlakuan tersebut dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Dihitung rendemen yang diperoleh dan disimpan ekstrak pekat dalam lemari pendingin. Ekstrak pekat masing-masing bekatul yang diperoleh kemudian dilakukan uji kadar total fenolik menggunakan pelarut etanol 70% dan 96%. Kemudian, dilakukan uji aktivitas antioksidannya masing-masing dengan pelarut etanol 70% dan 96% menggunakan metode DPPH pada variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm dengan pembanding asam askorbat. Setelah itu, dihitung % aktivitas

antioksidan dan nilai  $IC_{50}$ . Setelah itu, dilakukan uji korelasi  $IC_{50}$  dengan kadar total fenolik dari ekstrak bekatul.

### **3.4 Tahapan penelitian**

1. Preparasi sampel
2. Ekstraksi bekatul menggunakan metode sonikasi
3. Uji kadar total fenolik ekstrak bekatul
4. Uji aktivitas antioksidan ekstrak bekatul menggunakan metode DPPH
5. Analisis data

### **3.5 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.5.1 Preparasi Sampel**

Masing-masing bekatul sebanyak 400 gram diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh kemudian dibungkus dengan aluminium foil. Setelah itu, sampel distabilisasi menggunakan oven selama 15 menit pada suhu 100 °C. Kemudian, didinginkan pada suhu ruang. Sampel disimpan pada suhu 4 °C (Zaitun, 2021).

#### **3.5.2 Ekstraksi Bekatul Menggunakan Metode Sonikasi**

Bekatul merah dan putih sebanyak 30 gram masing-masing dimasukkan ke dalam dua Erlenmeyer. Kemudian, tiap jenis bekatul ditambahkan pelarut etanol 70% dan 96% sebanyak 180 mL dengan rasio sampel:pelarut sebesar 1:6. Sampel diekstraksi selama 20 menit. Setelah itu, ekstrak disaring sampel menggunakan corong buchner. Filtrat yang didapatkan kemudian dimasukkan

ke dalam vial dan dipekatkan menggunakan *vacum rotary evaporator* pada suhu 45 °C. Perlakuan tersebut dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali (Islami, 2021). Ekstrak disimpan pada lemari pendingin supaya tahan lama. Ekstrak kemudian dihitung rendemennya menggunakan persamaan 3.1 (Lilyawati *et al.*, 2019):

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

### 3.5.3 Uji Kadar Total Fenolik Ekstrak Bekatul

#### 3.5.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Asam Galat

Larutan stok asam galat 100 ppm dibuat dengan ditimbang asam galat 1 mg sebanyak 2 kali menggunakan gelas beaker. Kemudian, ditanda bataskan menggunakan dua labu ukur 5 mL yang berbeda. Labu ukur A berisi asam galat yang dilarutkan menggunakan etanol 70% dan labu ukur B berisi asam galat yang dilarutkan menggunakan etanol 96%. Setelah itu, diencerkan masing-masing larutan asam galat menjadi konsentrasi 6 ppm dalam labu ukur 5 mL. Dipipet masing-masing larutan sebanyak 1 mL ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10%. Divortex hingga homogen dan didiamkan selama 3 menit. Ditambahkan 2 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% Kemudian, divortex dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Dimasukkan ke dalam kuvet dan dicari panjang gelombang maksimum dengan rentang panjang gelombang 600-800 nm (Yadav dan Argawala, 2011).

### 3.5.3.2 Penentuan Waktu Kestabilan

Larutan stok asam galat 100 ppm diencerkan masing-masing menjadi konsentrasi 6 ppm dalam labu ukur 5 mL. Dipipet masing-masing larutan sebanyak 1 mL ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10%. Divortex hingga homogen dan didiamkan selama 3 menit. Ditambahkan 2 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% Kemudian, dimasukkan ke dalam kuvet dan dicari waktu kestabilan pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh dengan rentang waktu 0-90 menit (Yadav dan Argawala, 2011).

### 3.5.3.3 Pembuatan Kurva Standar Asam Galat

Larutan stok asam galat masing-masing 100 ppm yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya kemudian diencerkan menjadi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm dalam labu ukur 5 mL (Listiawati *et al.*, 2022). Dipipet masing-masing 1 mL ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10%. Divortex hingga homogen dan didiamkan selama 3 menit. Ditambahkan 2 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% Kemudian, divortex dan diinkubasi selama waktu kestabilan yang sudah diperoleh pada suhu ruang. Dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh (Yadav dan Argawala, 2011). Setelah itu, dibuat kurva hubungan absorbansi dengan konsentrasi asam galat.

### 3.5.3.4 Penentuan Kadar Total Fenolik

Larutan sampel dengan konsentrasi 100 ppm dibuat dengan cara ekstrak bekatul merah dan ekstrak bekatul putih ditimbang sebanyak 1 mg sebanyak

dua kali. (Mutmainnah, 2022). Kemudian, ekstrak A dilarutkan dengan etanol 70% dan ekstrak B dilarutkan dengan etanol 96% dalam labu ukur 10 mL. Setelah itu, masing-masing larutan sampel dipipet sebanyak 1 mL ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan reagen Folin-Ciocalteu 10% sebanyak 2,5 mL. Kemudian, divortex dan didiamkan selama 3 menit. Setelah itu, ditambahkan larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10% sebanyak 2 mL. Divortex dan diinkubasi selama waktu kestabilan yang sudah diperoleh pada suhu ruang. Kemudian, diukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Dilakukan pengulangan perlakuan sebanyak 3 kali (Yadav dan Argawala, 2011). Dihitung kadar total fenolik menggunakan persamaan regresi linier dengan rumus 3.2 (Narsih, 2018):

$$\text{Total fenolik} = \frac{C \times V}{g} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

- C = konsentrasi fenol (mg/L)
- V = volume sampel (L)
- g = berat ekstrak sampel (gram)

### **3.5.4 Uji Antioksidan Ekstrak Bekatul Menggunakan Metode DPPH (Margarita, 2018)**

#### **3.5.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum**

Larutan etanol 70% dan 96% masing-masing dipipet sebanyak 3 mL ke dalam dua tabung reaksi yang berbeda dan masing-masing ditambahkan larutan DPPH 0,2 mM sebanyak 1 mL. Kemudian, ditutup tabung reaksi menggunakan alumunium foil dan divortex. Diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37 °C.

Setelah itu, dimasukkan ke dalam kuvet dan dicari panjang gelombang maksimum larutan pada rentang panjang gelombang 500-600 nm.

#### 3.5.4.2 Uji Aktivitas Antioksidan Pada Sampel

**Absorbansi Kontrol:** dimasukkan larutan DPPH 0,2 mM sebanyak 1 mL ke dalam dua tabung reaksi yang berbeda dan ditambahkan pelarut etanol 70% pada tabung reaksi A dan etanol 96% pada tabung reaksi B masing-masing sebanyak 3 mL. Kemudian, ditutup tabung reaksi menggunakan aluminium foil dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Setelah itu, dimasukkan larutan ke dalam kuvet. Kemudian, diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh..

**Absorbansi Sampel:** dilarutkan masing-masing ekstrak dalam pelarut etanol 70% dan 96% dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Dimasukkan masing-masing variasi sebanyak 3 mL ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan DPPH 0,2 mM sebanyak 3 mL ke dalam masing-masing variasi. Kemudian, ditutup tabung reaksi menggunakan aluminium foil dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Setelah itu, dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Perlakuan dari awal dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Dihitung nilai %aktivitas antioksidan berdasarkan data absorbansi yang diperoleh. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan 3.3 (Jami'ah et al., 2018):

$$\% \text{ Aktivitas antioksidan} = \frac{\text{Absorbansi kontrol} - \text{absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi kontrol}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

Setelah itu, nilai  $IC_{50}$  dihitung menggunakan persamaan regresi.

#### **3.5.4.3 Uji Aktivitas Antioksidan Pada Vitamin C (Pembandingan)**

Vitamin C dilakukan uji aktivitas antioksidan dengan cara kerja yang sama seperti uji aktivitas antioksidan pada sampel, namun menggunakan variasi konsentrasi uji yang berbeda, yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm.

#### **3.5.5 Analisis Data**

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan aplikasi SPSS 26. Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis menggunakan *Microsoft Excel*, kemudian *two way* ANOVA. Jika diperoleh hasil berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji Tukey. Kemudian, dilakukan uji korelasi  $IC_{50}$  dengan kadar total fenolik dari sampel.

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Preparasi Sampel

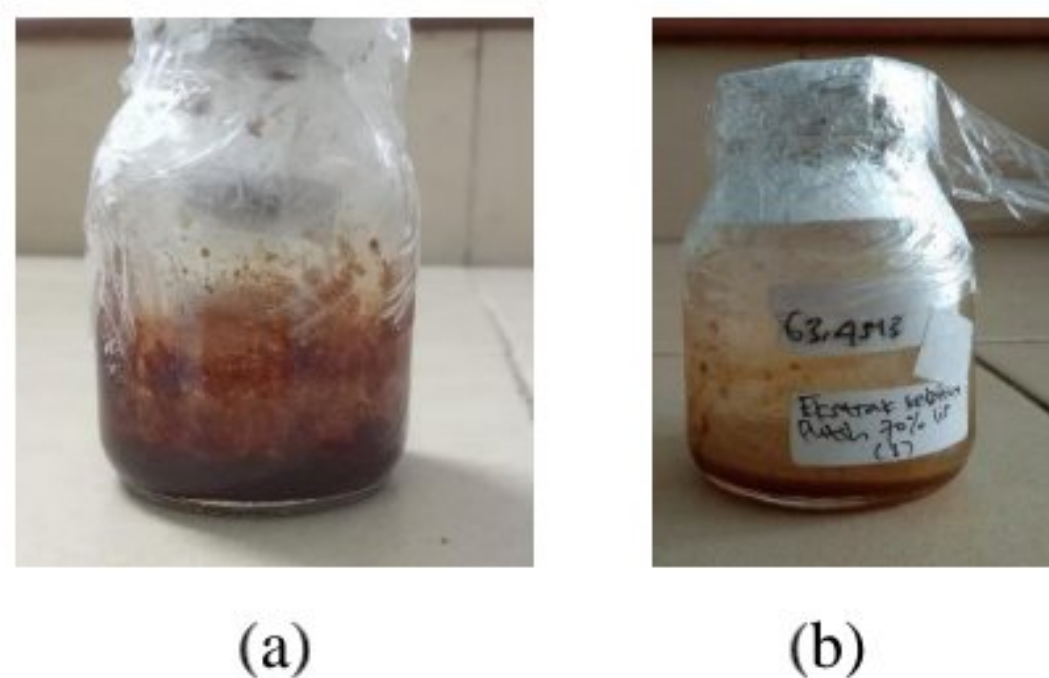
Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah bekatul beras merah dan bekatul beras putih. Preparasi sampel dilakukan dengan mengayak masing-masing sampel bekatul menggunakan ayakan ukuran 60 mesh. Pengayakan ini dilakukan untuk memperoleh bekatul dengan ukuran partikel yang lebih kecil sehingga ketika dilakukan proses ekstraksi akan lebih mempercepat rusaknya dinding dan membran sel. Hal tersebut dapat mempercepat pelarut masuk ke dalam jaringan bahan yang kemudian akan menarik senyawa aktif di dalamnya dan meningkatkan laju perpindahan senyawa untuk naik ke permukaan bahan (Ardyanti *et al.*, 2020) serta untuk meningkatkan hasil rendemen ekstraksi (Islami, 2021). Setelah itu, sampel distabilisasi menggunakan oven untuk menghentikan aktivitas enzim lipase yang dapat menyebabkan ketengikan dan memperpanjang umur simpan bekatul (Herisetianis & Seftiono, 2023). Bekatul yang telah dipreparasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bekatul merah dan putih

## 4.2 Ekstraksi Bekatul Menggunakan Metode Sonikasi

Sonikasi merupakan metode ekstraksi yang memanfaatkan getaran ultrasonik lebih dari 20 kHz yang kemudian akan menghasilkan efek kavitasi (Sjahid *et al.*, 2020). Efek kavitasi menghasilkan gelembung-gelembung yang akan membesar kemudian pecah dan melepaskan energi. Energi yang dihasilkan kemudian akan merusak membran dan dinding sel. Sehingga, meningkatkan terjadinya kontak langsung antara pelarut dengan senyawa aktif yang ada di dalamnya. Dengan adanya efek kavitasi ini akan mempercepat proses pelarut menarik senyawa aktif dari sampel dalam jumlah yang banyak (Liao *et al.*, 2021). Ekstrak yang diperoleh kemudian disaring dan dipekatkan menggunakan *vacum rotary evaporator* untuk menguapkan sisa-sisa pelarut pada ekstrak. Ekstrak pekat yang diperoleh pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2. Kemudian, untuk mengetahui jumlah ekstrak yang diperoleh kemudian dihitung persentase rendemen yang diperoleh.



Gambar 4.2 Ekstrak pekat bekatul (a) beras merah dan (b) beras putih

Tabel 4.1 Hasil rendemen, kadar total fenolik, dan IC<sub>50</sub> dalam bekatul beras merah dan putih

Sampel	Rendemen (%)	Kadar Total Fenolik (mg GAE/g)	
		IC <sub>50</sub> (ppm)	
Ekstrak Bekatul Beras Merah	70%	7,65 ± 1,20	15,88 ± 0,55 <sup>a</sup>
Ekstrak Bekatul Beras Merah	96%	7,13 ± 1,24	5,82 ± 0,17 <sup>b</sup>
Ekstrak Bekatul Beras Putih	70%	6,87 ± 1,58	4,03 ± 0,43 <sup>c</sup>
Ekstrak Bekatul Beras Putih	96%	6,58 ± 1,46	2,23 ± 0,27 <sup>d</sup>

Dilakukan secara statistik dengan tiga kali pengulangan dan nilai  $\alpha < 0,05$

Berdasarkan tabel data hasil rendemen pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rendemen tertinggi diperoleh dari bekatul beras merah menggunakan etanol 70% dan rendemen terendah diperoleh dari bekatul beras putih menggunakan etanol 96%. Handoyo (2020) melaporkan bahwa jenis polaritas dan konsentrasi pelarut dapat mempengaruhi jumlah nilai rendemen yang diperoleh. Etanol memiliki gugus -OH yang memberikan kemampuan untuk dapat menarik senyawa-senyawa yang bersifat polar. Semakin kecil konsentrasi pelarut maka semakin besar polaritasnya (Kumoro *et al.*, 2009). Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa aktif dari bekatul cenderung lebih banyak yang bersifat polar dibandingkan yang non polar. Sehingga, bekatul yang diekstrak menggunakan pelarut etanol 70% memperoleh hasil rendemen yang lebih banyak dibandingkan menggunakan etanol 96%.

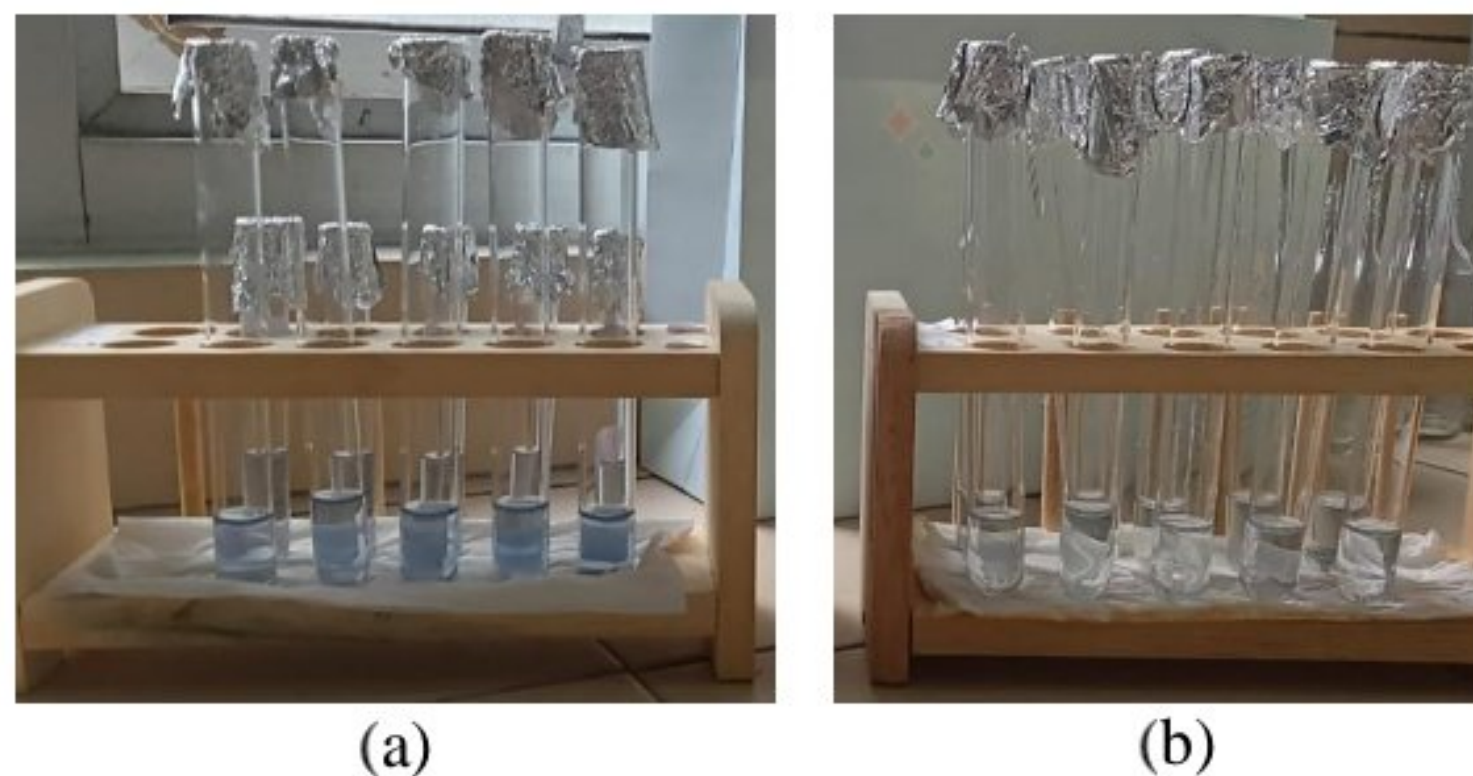
Jika ditinjau dari sampelnya, ekstrak bekatul beras putih menghasilkan rendemen yang lebih sedikit dibandingkan bekatul beras merah. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan kandungan senyawa yang bersifat polar pada bekatul beras putih dan bekatul beras merah. Senyawa aktif bersifat polar yang tidak terdapat pada bekatul beras putih adalah senyawa pigmen,

sedangkan pada bekatul beras merah senyawa polar yang lebih dominan adalah proantosianidin yang merupakan senyawa pigmen utama dan terdapat sedikit senyawa pigmen antosianidin. Namun, pada beberapa penelitian yang melakukan uji kualitatif senyawa pigmen pada beras merah memperoleh hasil bahwa senyawa pigmen yang terdeteksi hanya proantosianidin, sedangkan antosianin tidak terdeteksi karena persentasenya hanya 1% (Pereira-Caro *et al.*, 2013). Adanya perbedaan tersebut dapat menjadi faktor untuk pelarut etanol menarik senyawa polar dengan jumlah yg lebih banyak pada bekatul beras merah dibandingkan bekatul beras putih. Sehingga, akan mempengaruhi jumlah rendemen yang diperoleh.

#### **4.3 Penentuan Kadar Total Fenolik Ekstrak Bekatul**

Ryan (2011) melaporkan bahwa semua jenis bekatul memiliki senyawa aktif fenolik yang dapat digunakan sebagai antioksidan. Adanya kemampuan antioksidan pada fenolik karena fenolik memiliki gugus  $\cdot\text{OH}$  yang akan mendonorkan atom hidrogen pada radikal bebas sehingga membentuk radikal yang stabil (Widyasanti *et al.*, 2016). Untuk mengetahui jumlah dari senyawa fenolik yang terdapat pada suatu sampel dapat dilakukan uji fenolik menggunakan metode *Folin-Ciocalteu*. Pada suasana basa reagen *Folin-Ciocalteu* akan mengoksidasi gugus  $\cdot\text{OH}$  dari senyawa fenolik menjadi ion fenolat. Kemudian, ion fenolat yang terbentuk akan mereduksi fosfomolibdat-fosfotungstat menjadi senyawa kompleks molybdenum-tungsten. Pemberian suasana basa dilakukan karena reagen folin memiliki sifat asam, namun untuk bisa bereaksi dengan senyawa fenolik membutuhkan suasana basa. Oleh karena

itu, fungsi dari  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  adalah untuk memberikan suasana basa (Sam *et al.*, 2016). Indikator adanya senyawa fenolik pada suatu sampel ketika dilakukan uji menggunakan metode ini adalah warna akhir larutan menjadi biru (Anggarani & Amalia, 2022). Semakin tinggi konsentrasi fenol dalam sampel maka warna biru pada larutan akan semakin pekat seperti pada Gambar 4.3 standar yang digunakan dalam metode ini adalah asam galat (Romulo, 2020). Asam galat merupakan salah satu senyawa fenolik alami, stabil dan memiliki reaktifitas yang cukup tinggi terhadap reagen *Folin-Ciocalteu* (Ningsih *et al.*, 2020).



Gambar 4.3 Larutan uji kadar total fenolik ekstrak bekatul (a) beras merah dan (b) beras putih

Penentuan kadar total fenolik dimulai dengan mencari panjang gelombang maksimum asam galat untuk mengetahui panjang gelombang yang memiliki nilai absorbansi tertinggi (Chotimah, 2019). Kemudian, panjang gelombang maksimum yang diperoleh digunakan untuk mengukur absorbansi dari beberapa variasi konsentrasi larutan uji asam galat. Panjang gelombang maksimum asam galat menggunakan pelarut etanol 70% adalah 765 nm dan yang menggunakan pelarut etanol 96% adalah 760 nm. Prior *et al* (2005) melaporkan bahwa

senyawa kompleks molybdenum-tungsten dapat diukur pada rentang panjang gelombang maksimum 745 nm – 765 nm.

Panjang gelombang yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengukur waktu inkubasi menggunakan uji penentuan waktu kestabilan. Pada waktu kestabilan reaksi pembentukan kompleks molybdenum-tungsten sudah sempurna. Hal ini ditandai dengan absorbansi yang sudah stabil (Rumoroy *et al.*, 2019). Berdasarkan tabel hasil uji waktu kestabilan asam galat pada Lampiran 5.2 menunjukkan bahwa nilai absorbansi dari larutan asam galat yang menggunakan etanol 96% stabil mulai dari menit ke-60. Sedangkan nilai absorbansi dari larutan asam galat menggunakan etanol 70% stabil mulai dari menit ke-55. Sehingga, untuk melakukan inkubasi dengan lama waktu yang sama pada sampel dengan pelarut yang berbeda maka proses inkubasi dilakukan selama 60 menit.

Setelah itu, membuat kurva standar dan diperoleh persamaan regresi linear dari asam galat menggunakan pelarut etanol 70% dan 96%. Persamaan regresi linier dari kurva standar asam galat yang menggunakan etanol 70% adalah  $y = 0,0155x + 0,0438$  dengan  $R^2 = 0,9732$  dan yang menggunakan etanol 96% adalah  $y = 0,0306x + 0,0285$  dengan  $R^2 = 0,9899$ . Selanjutnya, dilakukan penentuan kadar total fenolik menggunakan persamaan regresi linear sesuai dengan pelarut yang digunakan.

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa kadar total fenolik dari sampel bekatul dengan variasi perlakuan yang ditandai dengan notasi angka a, b, c, dan d saling berbeda nyata. Kadar fenolik tertinggi diperoleh dari ekstrak bekatul berah merah menggunakan etanol 70% dan kadar fenolik terendah

diperoleh dari ekstrak bekatul beras putih menggunakan etanol 96%. Hasil yang diperoleh tersebut sesuai dengan penelitian Pang *et al* (2018) yang menunjukkan bahwa kadar total fenol pada ekstrak bekatul beras merah (0,405 mg GAE/g) lebih tinggi dibandingkan pada bekatul beras putih (0,116 mg GAE/g). Didukung dengan hasil penelitian Shao *et al* (2014) yang juga memperoleh hasil bahwa kadar total fenolik pada ekstrak bekatul beras merah (mg GAE/g) lebih tinggi dibandingkan pada bekatul beras putih (0,303 mg GAE/g). Widarta *et al* (2013) melaporkan bahwa kadar total fenolik pada ekstrak bekatul beras putih adalah 2,00 mg GAE/g dan pada ekstrak bekatul beras merah adalah 3,01 mg GAE/g.

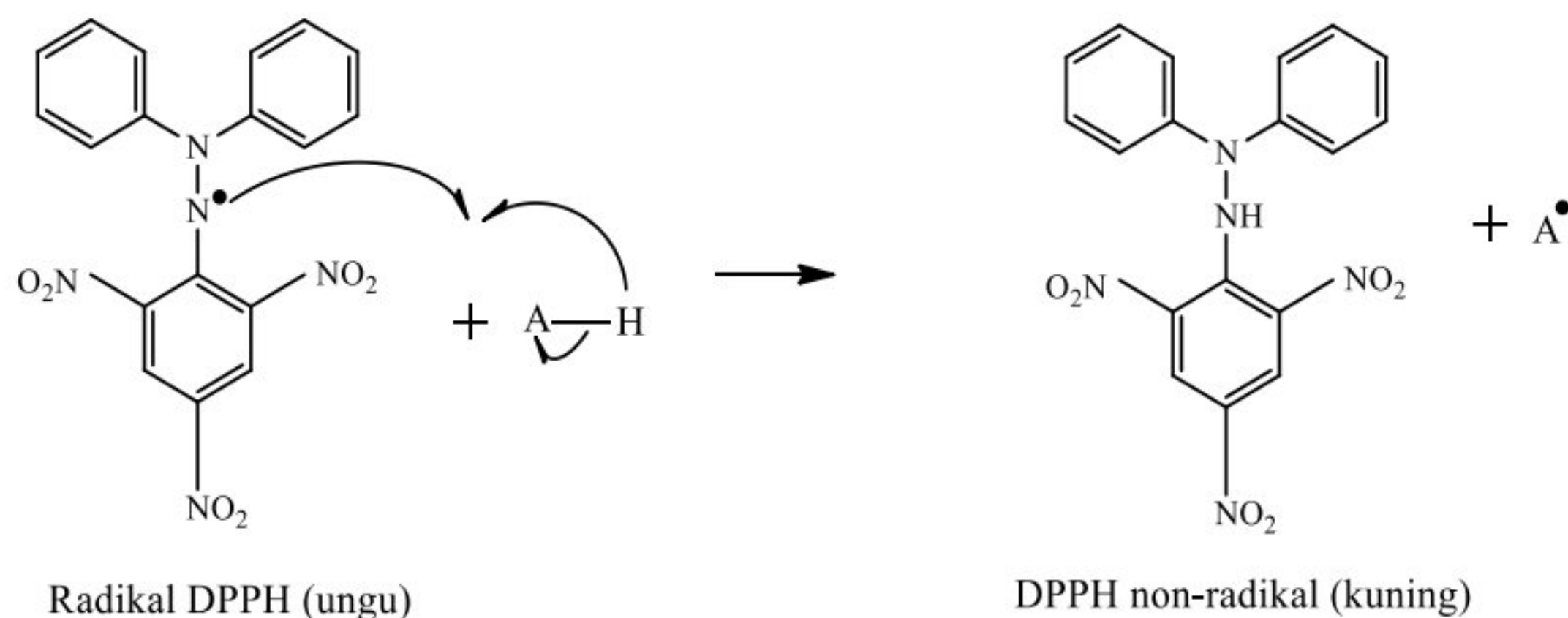
Kandungan senyawa fenolik pada bekatul beras merah lebih tinggi dibandingkan pada bekatul beras putih (Faizah *et al.*, 2020). Hal ini dapat disebabkan karena adanya kandungan pigmen proantosianidin yang merupakan salah satu senyawa fenolik dari golongan flavonoid yang tidak terdapat pada bekatul beras putih (Bhat *et al.*, 2020). Thitipramote *et al* (2016) melaporkan bahwa diperoleh hasil uji senyawa proantosianidin terdeteksi pada beras merah namun tidak terdeteksi pada beras putih. Hal ini didukung dengan hasil penelitian Ghasemzadeh *et al* (2018) yang melaporkan bahwa pada ekstrak etanol bekatul beras merah mengandung lima senyawa fenolik, yaitu asam protokatekuat, asam siringat, asam ferulat, asam sinamat, dan asam p-kumarat. Kemudian terdapat juga senyawa-senyawa golongan flavonoid yaitu kuersetin, apigenin, katekin, luteolin dan mirisetin. Selain itu, hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa bekatul yang diekstrak menggunakan etanol 70% memiliki total fenolik yang lebih tinggi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh senyawa

fenol yang memiliki kelarutan tinggi pada pelarut polar sehingga semakin tinggi kepolaran suatu larutan maka kadar total fenolik juga semakin meningkat (Indra *et al.*, 2019). Semakin kecil konsentrasi pelarut etanol maka semakin bersifat polar (Fauziyah *et al.*, 2022).

Nilai kadar total fenolik yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui adanya pengaruh yang signifikan oleh perlakuan yang diberikan terhadap kadar total fenolik menggunakan *two way* ANOVA. Berdasarkan tabel uji *two way* ANOVA pada Lampiran 7.1 diperoleh hasil jika ditinjau berdasarkan pengaruh variasi konsentrasi pelarut dan jenis bekatul maka nilai signifikansi yang diperoleh adalah kurang dari 0,05, yaitu sebesar 0,000. Sehingga, dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai kadar total fenolik. Kemudian, diperoleh hasil nilai signifikansi dari interaksi variabel pelarut dan bekatul kurang dari 0,05, yaitu sebesar 0,000. Sehingga, dapat dikatakan bahwa terdapat interaksi variabel pelarut dengan bekatul terhadap nilai kadar total fenolik. Berdasarkan tabel hasil uji Tukey pada Lampiran 7.2 diperoleh hasil bahwa pada tiga kali pengulangan uji kadar total fenolik dengan nilai kepercayaan 5% pada uji Tukey menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan yang ditandai dengan notasi angka a, b, c, dan d pada kadar total fenolik ekstrak bekatul. Kemudian, perlakuan yang paling efektif ada pada bekatul beras merah yang diekstraksi menggunakan etanol 70%.

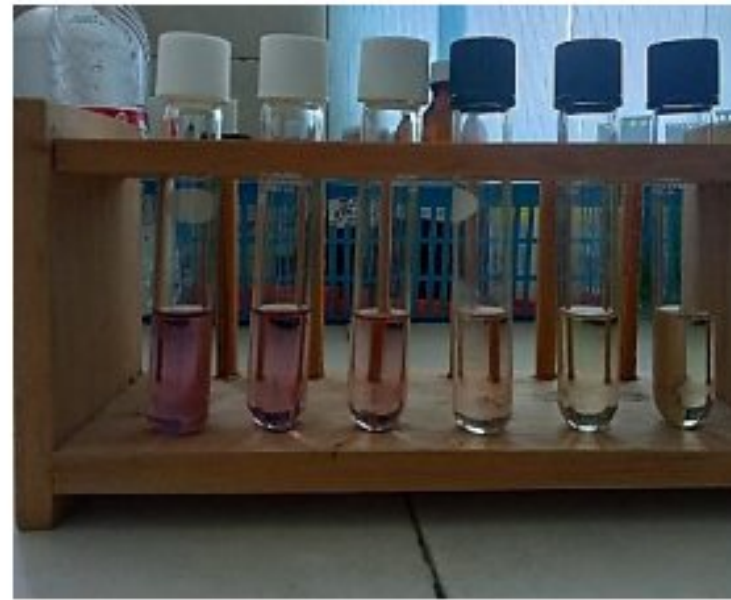
#### 4.4 Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul

DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidrazil) adalah senyawa radikal berbentuk serbuk, berwarna hitam, dan mudah teroksidasi oleh suhu dan udara (Ishak, 2018). DPPH digunakan untuk uji aktivitas antioksidan pada suatu ekstrak menggunakan metode uji yang disebut dengan metode DPPH. Prinsip dari metode DPPH adalah senyawa antioksidan akan mendonorkan atom hidrogen ke radikal bebas DPPH. Sehingga, elektron yang tidak berpasangan pada radikal bebas DPPH akan berpasangan dengan elektron dari atom hidrogen gugus  $^{\ominus}\text{OH}$  milik senyawa antioksidan dan menjadi senyawa radikal DPPH yang stabil (Nurmazela *et al.*, 2022). Reaksi donor elektron pada metode DPPH dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Reaksi antioksidan dengan radikal DPPH (Kurniawati & Sutoyo, 2021).

Terjadinya reaksi antara antioksidan dengan radikal bebas ditandai dengan berubahnya warna larutan dari ungu menjadi kuning seperti pada Gambar 4.5. Pudarnya warna larutan ungu dari DPPH ketika bereaksi dengan antioksidan menjadi indikator kemampuan antioksidan yang semakin meningkat (Sari *et al.*, 2021).



Gambar 4.5 Larutan uji aktivitas antioksidan ekstrak bekatul.

Uji aktivitas antioksidan dimulai dengan menentukan panjang gelombang maksimum senyawa DPPH untuk mengetahui panjang gelombang yang memiliki nilai absorbansi tertinggi (Chotimah, 2019). Diperoleh hasil panjang gelombang maksimum dari DPPH yang menggunakan etanol 70% adalah 520 nm dan yang menggunakan etanol 96% adalah 516 nm. Hasil yang diperoleh sudah sesuai dengan yang dinyatakan Molyneux (2004) bahwa panjang gelombang maksimum dari DPPH berada pada rentang 515 – 520 nm. Panjang gelombang maksimum yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengukur absorbansi dari sisa senyawa radikal DPPH yang telah bereaksi dengan senyawa antioksidan dari ekstrak bekatul. Sehingga, akan diperoleh nilai %aktivitas antioksidan yang dapat dilihat dalam tabel pada Lampiran 6.2. Nilai %aktivitas antioksidan yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan antioksidan pada bekatul dengan menghitung nilai  $IC_{50}$ .  $IC_{50}$  (*Inhibition Concentration*) merupakan nilai yang menunjukkan jumlah konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas. Semakin rendah nilai  $IC_{50}$  maka semakin tinggi aktivitas antioksidannya (Widyasanti *et al.*, 2016).

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai  $IC_{50}$  sampel bekatul dengan variasi perlakuan yang ditandai dengan notasi angka a, b, c, dan d

saling berbeda nyata. Nilai  $IC_{50}$  terendah diperoleh dari ekstrak bekatul beras merah menggunakan etanol 70% dan nilai  $IC_{50}$  tertinggi diperoleh dari ekstrak bekatul beras putih menggunakan etanol 96%. Semakin rendah nilai  $IC_{50}$  maka semakin kuat kemampuan antioksidannya (Prayoga *et al.*, 2019). Hasil yang diperoleh pada penelitian ini diduga dapat disebabkan oleh tingginya kadar kadar total fenolik pada ekstrak bekatul karena kemampuan antioksidan akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kadar total fenolik (Susanti *et al.*, 2022). Kuatnya kemampuan antioksidan pada konsentrasi etanol yang lebih rendah dapat disebabkan oleh kelarutan senyawa fenolik. Senyawa fenol memiliki kelarutan yang tinggi pada pelarut polar (Indra *et al.*, 2019). Hal ini dapat berhubungan dengan pelarut etanol yang lebih bersifat polar ketika kandungan air meningkat (Fauziyah *et al.*, 2022). Hal tersebut yang dapat menyebabkan pelarut etanol 70% bersifat lebih polar dibandingkan dengan etanol 96%. Sehingga, senyawa fenolik akan terekstrak lebih banyak pada pelarut etanol 70%.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Santos *et al* (2021) yang melaporkan bahwa pada ekstrak etanol beras merah mengandung senyawa-senyawa fenolik, yaitu asam vanilat, asam dihidroksi benzoat, asam siringat, asam homovanilat, asam kafeat, asam p-kumarat, asam ferulat, siring aldehida dan rosmanol. Kemudian, terdapat juga senyawa-senyawa golongan flavonoid, seperti isorhamnetin, rhamnetin, sianidin 3-O-beta-D-sambubioside, katekin, epikatekin, luteolin 7-O-rutinosida, kaempferol 3-O-rutinosid, tektoridin, isorhamnetin 3-O-rutinosida, diosmin hesperidin, dan hispiludin. Senyawa-senyawa aktif tersebut diduga ikut berkontribusi dalam

meningkatkan kemampuan antioksidan karena senyawa fenolik dan flavonoid dapat mendonorkan atom hidrogennya pada radikal bebas sehingga menjadi radikal yang stabil (Kartika *et al.*, 2020). Tingkat kekuatan antioksidan ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tingkat kekuatan antioksidan

Nilai IC <sub>50</sub> (mg/L)	Kekuatan antioksidan
< 50	Sangat kuat
50 – 100	Kuat
100 – 150	Sedang
150 – 200	Lemah
> 200	Sangat lemah

Sumber: Molyneux (2004)

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kekuatan ekstrak bekatul beras merah menggunakan etanol 70% dan 96% serta ekstrak bekatul beras putih menggunakan etanol 70% adalah sangat kuat. Sedangkan ekstrak bekatul beras putih menggunakan etanol 96% memiliki nilai IC<sub>50</sub> di atas 50 ppm, yaitu 76,61 ppm sehingga kemampuan antioksidannya berada pada tingkatan kuat. Pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas antioksidan pada vitamin C untuk menjadi pembanding kemampuan antioksidan dari sampel. Diperoleh hasil bahwa kemampuan antioksidan pada sampel ekstrak bekatul beras merah menggunakan etanol 70% berada pada golongan yang sangat kuat sama seperti kemampuan antioksidan dari vitamin C dengan nilai IC<sub>50</sub> kurang dari 50 ppm. Nilai IC<sub>50</sub> dari vitamin C yang diperoleh adalah 1,20 ppm ketika menggunakan etanol 70% dan 1,31 ppm ketika menggunakan etanol 96%. Sehingga, dapat dikatakan bahwa bekatul memiliki potensi untuk digunakan sebagai salah satu sumber antioksidan alami.

Nilai  $IC_{50}$  yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui adanya pengaruh yang signifikan oleh perlakuan yang diberikan terhadap  $IC_{50}$  menggunakan *two way* ANOVA. Berdasarkan tabel uji *two way* ANOVA pada Lampiran 7.1 diperoleh hasil jika ditinjau berdasarkan pengaruh variasi konsentrasi pelarut dan jenis bekatul maka nilai signifikansi yang diperoleh adalah kurang dari 0,05, yaitu sebesar 0,000. Sehingga, dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai  $IC_{50}$ . Kemudian, diperoleh hasil nilai signifikansi dari interaksi variabel pelarut dan bekatul kurang dari 0,05, yaitu sebesar 0,000. Sehingga, dapat dikatakan bahwa terdapat interaksi variabel pelarut dengan bekatul terhadap nilai  $IC_{50}$ . Hasil analisis *two way* ANOVA kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan uji Tukey untuk mengetahui perlakuan yang memiliki efektivitas paling baik pada variabel dependen yang diamati. Berdasarkan tabel hasil uji Tukey pada Lampiran 7.2 diperoleh hasil bahwa pada tiga kali pengulangan uji aktivitas antioksidan dengan nilai kepercayaan 5% pada uji Tukey menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan yang menggunakan notasi angka a, b, c, dan d pada nilai  $IC_{50}$  ekstrak bekatul. Kemudian, perlakuan yang paling efektif ada pada bekatul beras merah yang diekstraksi menggunakan etanol 70%.

#### **4.5 Korelasi $IC_{50}$ dengan Kadar Total Fenolik Ekstrak Bekatul**

Data  $IC_{50}$  dan kadar total fenolik yang diperoleh kemudian dilakukan uji korelasi untuk mengetahui keeratan hubungan antar variabel dependen. Keeratan hubungan antar variabel dapat diketahui berdasarkan nilai koefisien

korelasinya. jika nilai koefisien korelasinya 0 menunjukkan bahwa tidak ada keeratan hubungan antar variabel. Sedangkan, jika nilai koefisien korelasinya adalah +1 atau -1 menunjukkan bahwa terdapat keeratan hubungan antar variabel. (Schober *et al.*, 2018). Arah keeratan hubungan antar variabel dapat diketahui berdasarkan tanda koefisien korelasinya. Jika koefisien korelasi bernilai positif maka hubungan antar variabelnya adalah searah dan jika koefisien korelasinya negatif maka hubungan antar variabelnya adalah berlawanan (Sungkawa, 2013).

Tabel 4.3 Korelasi IC<sub>50</sub> dengan kadar total fenolik ekstrak bekatul menggunakan etanol 70% dan etanol 96%

		<b>Kadar Total Fenolik</b>	<b>IC<sub>50</sub></b>
<b>Kadar Total Fenolik</b>	Pearson	1	-.985*
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	6	6
<b>IC<sub>50</sub></b>	Pearson	-.985*	1
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	6	6

Berdasarkan Tabel 4.3 ditunjukkan bahwa nilai IC<sub>50</sub> ekstrak bekatul dengan kadar total fenolik memiliki nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara IC<sub>50</sub> dengan kadar total fenolik ekstrak bekatul. Nilai korelasi yang diperoleh dari ekstrak bekatul menggunakan etanol 70% dan 96% adalah sama, yaitu -0,985. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan keeratan hubungan antara IC<sub>50</sub> dan kadar total fenolik dari ekstrak bekatul menggunakan etanol 70% dan yang menggunakan etanol 96%. Kemudian, berdasarkan nilai korelasi yang diperoleh menunjukkan bahwa arah hubungan

IC<sub>50</sub> dan kadar total fenolik yang diperoleh adalah berlawanan arah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Wahyuni *et al* (2021) yang melaporkan bahwa IC<sub>50</sub> memiliki nilai koefisien korelasi negatif terhadap total fenolik sehingga dapat dikatakan bahwa terdapat hubungan yang berlawanan arah antar dua variabel tersebut. Semakin rendah nilai IC<sub>50</sub> maka semakin tinggi kadar total fenoliknya.

#### 4.6 Manfaat Tumbuhan dalam Perspektif Islam

Manusia memiliki tanggung jawab untuk mengelola dan melestarikan alam yang telah diciptakan Allah Swt. dengan sangat sempurna untuk keberlangsungan hidup makhluk-Nya (Muhammad, 2022). Adanya tanggung jawab tersebut juga akan membawa kebaikan bagi manusia. Alam yang dilestarikan dan sumber daya di dalamnya yang dikelola dengan baik akan memberikan manfaat bagi manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup. Allah Swt. Berfirman dalam Al-Qur'an surah Al-Hijr ayat 19:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾

Artinya: “Dan kami telah menghamparkan bumi dan kami pancangkan padanya gunung-gunung serta Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran” (Qs. Al-Hijr ayat 19).

Qutb (2003) dalam tafsir *Fi Zhilalil Qur'an* menjelaskan bahwa kata “*mauzun*” dalam surah Al-Hijr ayat 19 memiliki makna setiap tumbuhan yang diciptakan Allah Swt. di bumi ditumbuhkan dengan detail yang sangat rapi, teliti dan tepat. Bumi yang terbentang luas dipancangkan di dalamnya gunung-gunung yang menjulang tinggi dan ditumbuhkan tumbuhan sesuai dengan ukurannya, memiliki makna bahwa Allah Swt. memberikan manusia sumber

daya alam tumbuh-tumbuhan yang cukup (sesuai ukuran) untuk memenuhi kebutuhan pokok dan kebutuhan hidup yang lain. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI (2010) dalam tafsir *Ilmi* menjelaskan bahwa "*mauzun*" memiliki arti yang terukur. Kata "terukur" tersebut memiliki makna bahwa segala macam jenis tumbuh-tumbuhan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Keberagaman karakteristik tersebut Allah Swt. tumbuhkan secara terukur sesuai dengan takaran kegunaannya masing-masing. Kemudian, menurut Az-Zuhaili (2016) dalam tafsir *Al-Munir*, kata "*mauzun*" memiliki makna bahwa Allah Swt. telah menentukan proporsi segala sesuatu berdasarkan kadar ukuran tertentu yang didasarkan atas pertimbangan hikmah dan manfaatnya. Ayat ini menjadi bukti petunjuk akan totalitas-Nya, kesempurnaan, keesaan, dan Maha Pemurah-Nya Allah Swt. kepada para makhluknya-Nya dengan dikaruniakannya berbagai macam nikmat yang salah satunya adalah sumber daya alam dengan berbagai macam manfaat yang melimpah di dalamnya.

Sumber daya alam akan menghasilkan produk samping atau limbah. Tentu Allah Swt. akan lebih menyukai jika manusia dapat mengelola limbah untuk dapat dimanfaatkan kembali. Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa limbah padi yang dikelola kembali dengan optimal akan memiliki manfaat yang lebih optimal. Salah satu manfaat dari limbah padi atau bekatul adalah sebagai antioksidan. Jika senyawa antioksidan yang ada dalam bekatul dapat diekstrak dengan perlakuan yang optimal maka hasil yang diperoleh juga akan bagus. Pada penelitian ini diperoleh hasil ekstrak bekatul beras merah menggunakan pelarut etanol 70% memiliki kemampuan antioksidan yang lebih kuat

dibandingkan dengan ekstrak sampel yang lain, yaitu dengan nilai  $IC_{50}$  14,29 ppm. Kemampuan antioksidan dengan nilai  $IC_{50}$  kurang dari 50 ppm tergolong dalam antioksidan yang sangat kuat. Sedangkan, pada ekstrak bekatul beras putih menggunakan etanol 96% diperoleh nilai  $IC_{50}$  yang lebih lemah dari ekstrak sampel yang lain, yaitu 76,61 ppm. Ekstrak yang memiliki nilai  $IC_{50}$  pada rentang 50 ppm hingga 100 ppm masih tergolong sebagai ekstrak dengan kemampuan antioksidan yang kuat. Oleh karena itu, segala sesuatu yang sudah diberikan oleh Allah Swt. harus dikelola dengan optimal karena Allah Swt. telah memberikan manusia sumber daya alam sesuai dengan ukurannya. Tentu ukuran yang telah ditetapkan oleh Allah Swt. tidak sedikit karena sifat-Nya yang Maha Pemurah.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil analisis data menunjukkan bahwa variasi konsentrasi etanol dan jenis bekatul memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar total fenolik. Perlakuan terbaik dari penelitian ini terdapat pada ekstrak bekatul bekatul beras merah menggunakan etanol 70% sebesar 15,88 mg GAE/g.
2. Berdasarkan hasil analisis data menunjukkan bahwa variasi konsentrasi etanol dan jenis bekatul memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas antioksidan. Perlakuan terbaik dari penelitian ini terdapat pada ekstrak bekatul bekatul beras merah menggunakan etanol 70% yang memiliki nilai  $IC_{50}$  14,29 ppm.

#### **5.2 Saran**

Perlu dilakukan pengukuran waktu kestabilan penentuan kadar total fenolik dengan range waktu yang lebih lama. Pengukuran dilakukan hingga absorbansi yang terukur benar-benar berada pada nilai yang konstan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adwas, A. A., Elsayed, A. S. I., A Adwas, A., Azab, A. E., & Quwaydir, F. A. (2019). Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 6(1), 43–47.
- Ahmed, O. M., & Mohammed, M. T. (2020). Oxidative Stress: the Role of Reactive Oxygen Species (Ros) and Antioxidants in Human Diseases. *Plant Archives*, 20(2), 4089–4095.
- Amanda, K. T., & Raharjo, S. J. (2022). Potensi Antioksidan Ekstrak Kombinasi Air-Etanol Pada Simplisia Selada Air (*Nasturtium officinale* R. Br). *PHARMADEMICA : Jurnal Kefarmasian Dan Gizi*, 1(2), 40–46.
- Andriani, R., Subroto, T., Ishmayana, S., & Kurnia, D. (2022). Enhancement Methods of Antioxidant Capacity in Rice Bran: A Review. *Foods*, 11(19).
- Anggarani, M. A., & Amalia, R. (2022). Analisis Kadar Fenolik, Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Umbi Bawang Bombai (*Allium cepa* L.). *Unesa Journal of Chemistry*, 11(1), 34–45.
- Ardyanti, N. K. N. T., Suhendra, L., & Ganda Puta, G. P. (2020). Pengaruh Ukuran Partikel dan Lama Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Virgin Coconut Oil Wortel (*Daucus carota* L.) sebagai Pewarna Alami. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 423.
- Ar-Razi, Fakhrudin. (1999). *Mafatihul Ghayb*. Beirut: Dar el Ihya' al Turath al Arabiy.
- Azhar, A. N. H., Amran, N. A., Yusup, S., & Mohd Yusoff, M. H. (2022). Ultrasonic Extraction of 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) from *Pandanus amaryllifolius* Roxb. Using Ethanol as Solvent. *Molecules*, 27(15), 1–18.
- Az-Zuhaili, Wahbah. (2016). *Tafsir Al-Munir Jilid 7: Aqidah, Syari'ah dan Manhaj*. Jakarta: Gema Insani Press.
- Baite, T. N., Mandal, B., & Purkait, M. K. (2021). Ultrasound assisted extraction of gallic acid from *Ficus auriculata* leaves using green solvent. *Food and Bioproducts Processing*, 128, 1–11.
- Bhat, F. M., Sommano, S. R., Riar, C. S., Seesuriyachan, P., Chaiyaso, T., & Prom-U-thai, C. (2020). Status of bioactive compounds from bran of

pigmented traditional rice varieties and their scope in production of medicinal food with nutraceutical importance. *Agronomy*, *10*(11), 1–15.

Campos, L., Seixas, L., Dias, S., Peres, A. M., Veloso, A. C. A., & Henriques, M. (2022). Effect of Extraction Method on the Bioactive Composition, Antimicrobial Activity and Phytotoxicity of Pomegranate By-Products. *Foods*, *11*(7), 1–18.

Central Bureau of Statistics. (2022). *Official News about Statistics No. 74/10/Th.XXV. 2022(74)*.

Chotimah, Chusnul. (2019). Uji Total Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun dan Kulit Batang Dadap Serep (*Erythrina subumbrans* (Hassk.) Merr.) Menggunakan Beberapa Pelarut. *Skripsi*. Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dhurhania, C. E., & Novianto, A. (2019). Uji Kandungan Fenolik Total dan Pengaruhnya terhadap Aktivitas Antioksidan dari Berbagai Bentuk Sediaan Sarang Semut (*Myrmecodia pendens*). *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, *5*(2), 62.

Diniyah, N., & Lee, S.-H. (2020). Komposisi Senyawa Fenol Dan Potensi Antioksidan Dari Kacang-Kacangan: Review. *Jurnal Agroteknologi*, *14*(01), 91.

Diniyah, N., Badrul Alam, M., & Lee, S. H. (2020). Antioxidant potential of non-oil seed legumes of Indonesian's ethnobotanical extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, *13*(5), 5208–5217.

Durazzo, A., Lucarini, M., Plutino, M., Pignatti, G., Karabagias, I. K., Martinelli, E., Souto, E. B., Santini, A., & Lucini, L. (2021). Antioxidant properties of bee products derived from medicinal plants as beekeeping sources. *Agriculture (Switzerland)*, *11*(11), 1–19.

Egues, I., Hernandez-Ramos, F., Rivilla, I., & Labidi, J. (2021). Optimization of ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from apple pomace. *Molecules*, *26*(13).

Esa, N, M., Ling, T. B., & Peng, L, S. (2016). By-products of Rice Processing: An Overview of Health Benefits and Applications. *Rice Research: Open Access*, *4*(1), 1–11.

- Faizah, F., 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.
- Fauziyah, N., Widyasanti, A., & Sutresna, Y. (2022). Kajian Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Karakteristik Oleoresin Ampas Jahe Merah (*Zingiber officinale* Roscoe) Limbah Penyulingan. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 16(3), 169.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. E., Juraimi, A. S., & Tayebi-Meigooni, A. (2015). Comparative evaluation of different extraction techniques and solvents for the assay of phytochemicals and antioxidant activity of hashemi rice bran. *Molecules*, 20(6), 10822–10838.
- Ghasemzadeh, A., Baghdadi, A., Jaafar, H. Z. E., Swamy, M. K., & Megat Wahab, P. E. (2018). Optimization of flavonoid extraction from red and brown rice bran and evaluation of the antioxidant properties. *Molecules*, 23(8).
- Haerani, A., Chaerunisa, A. Y., & Subarnas, A. (2019). Antioxidant Activities of *Muntingia calabura*, *Syzygium cumini*, *Ocimum basilicum*, and *Eleutherine bulbosa* using DPPH Method. *IDJP: Indonesian Journal of Pharmaceutics*, 1(2), 18–22.
- Handayani, H., & Sriherfyna, F. H. (2016). Ekstraksi Antioksidan Daun Sirsak Metode Ultrasonic Bath (Kajian Rasio Bahan: Pelarut dan Lama Ekstraksi). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1), 262–272.
- Handoyo, D, L, Y. (2020). Pengaruh Lama Waktu Maserasi (Perendaman) Terhadap Kekentalan Ekstrak Daun Sirih (*Piper Betle*). *Jurnal Farmasi Tinctura*, 2(1), 34–41.
- Haryani, T, S., Triastinurmiatiningsih, Lohita, B., & Sayyidah, I, N. (2019). Kadar Fenolik dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Rumput Laut Coklat (*Padina australis*). *Fitofarmaka*, 9(1).
- Herisetianis, M. N., & Seftiono, H. (2023). Perlakuan Stabilisasi, Fermentasi, Serta Aplikasi Bekatul Pada Produk Pangan Mie Dan Roti: Kajian Pustaka. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 1–11.
- Hikmawanti, N. P. E., Fatmawati, S., & Asri, A. W. (2021). The effect of ethanol concentrations as the extraction solvent on antioxidant activity of Katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) leaves extracts. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 755(1).

- Hong, J. J., Seol, H. G., Oh, J. Y., Jeong, E. H., & Chang, Y. H. (2021). Effective Component Contents and Antioxidative Activities of Unripe Apple by Extraction Methods. *Korean J. Food Nutr.*, 34(2), 174–180.
- Indra, I., Nurmalasari, N., & Kusmiati, M. (2019). Fenolik Total, Kandungan Flavonoid, dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Mareme (*Glochidion arborescense* Blume.). *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 6(3), 206.
- Ishak, A. (2018). Analisis Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Biskuit Biji Labu Kuning ( *Curcubita* sp. ) Sebagai Snack Sehat. *Skripsi Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin, Makassar*, 1–101.
- Islami, Imroatul. (2021). Ekstraksi Minyak Bekatul dengan Fraksinasi Pelarut Menggunakan Metode Sonikasi dan Uji Aktivitas Antioksidan. *Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Islamiyati, R., & Saputri, I, N. (2018). Uji Perbedaan Aktivitas Antioksidan dengan Variasi Konsentrasi Pelarut Etanol 70% dan 96% Pada Ekstra Etanol Daun Salam Menggunakan Metode Peredaman Radikal Bebas DPPH. *Cendekian Journal of Pharmacy*, 2(2).
- Jami'ah, S. R., Ifaya, M., Pusmarani, J., & Nurhikma, E. (2018). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Kulit Pisang Raja (*Musa Paradisiaca sapientum*) Dengan Metode DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil). *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 4(1), 33–38.
- Juan, C. A., de la Lastra, J. M. P., Plou, F. J., & Pérez-Lebeña, E. (2021). The chemistry of reactive oxygen species (Ros) revisited: Outlining their role in biological macromolecules (dna, lipids and proteins) and induced pathologies. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9).
- Kalpanadevi, C., Singh, V., & Subramanian, R. (2018). Influence of milling on the nutritional composition of bran from different rice varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2259–2269.
- Kartika, L., Ardana, M., & Rusli, R. (2020). Aktivitas Antioksidan Tanaman Genus *Artocarpus*. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 12, 237-244.

- Kobus, Z., Krzywicka, M., Starek-Wójcicka, A., & Sagan, A. (2022). Effect of the duty cycle of the ultrasonic processor on the efficiency of extraction of phenolic compounds from *Sorbus intermedia*. *Scientific Reports*, *12*(1), 1–12.
- Koirewoa, D. C., & Raunsay, E. K. (2016). Status Pencemaran Senyawa Fenol pada Beberapa Sumber Air di Distrik Jayapura Selatan Kota Jayapura. *NOVAE GUINEA Jurnal Biologi*, *8*(2).
- Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, *70*(August 2020), 105325.
- Kumoro, A. C., Hasan, M., & Singh, H. (2009). Effects of solvent properties on the Soxhlet extraction of diterpenoid lactones from *Andrographis paniculata* leaves. *ScienceAsia*, *35*(3), 306–309.
- Kurniawati, I. F., & Sutoyo, S. (2021). Review Artikel: Potensi Bunga Tanaman Sukun (*Artocarpus Altilis* [Park. I] Fosberg) Sebagai Bahan Antioksidan Alami. *Unesa Journal of Chemistry*, *10*(1), 1–11.
- Kwon, N., Kim, D., Swamy, K. M. K., & Yoon, J. (2021). Metal-coordinated fluorescent and luminescent probes for reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS). *Coordination Chemistry Reviews*, *427*, 213581.
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI. (2010). *Tafsir Ilmi: Penciptaan Bumi Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Liao, J., Guo, Z., & Yu, G. (2021). Process intensification and kinetic studies of ultrasound-assisted extraction of flavonoids from peanut shells. *Ultrasonics Sonochemistry*, *76*, 105661.
- Listiawati, M. D. A., Nastiti, K., & Audina, M. (2022). Pengaruh Perbedaan Jenis Pelarut Terhadap Kadar Fenolik Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata* L.). *Journal Pharmaceutical Care and Sciences*, *3*(1), 110–120.
- Lopez, J. I. G., Garcia, F. Z., Saenz, E. O., Saldivar, R. H. L., Castro, E. D. B., Torres, N. A. Z., Cortez, E. R., Alvarado, R. V., & Medina, G. N. (2018). Technologies applied to sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench): Changes in phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food Science and Technology (Brazil)*, *38*(3), 369–382.

- Mahfuz, S., Shang, Q., & Piao, X. (2021). Phenolic compounds as natural feed additives in poultry and swine diets: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1–18.
- Mairiza, L., Zuhra, Khadafi, M., Muhibbul, Budiman, I., & Yunardi, Y. (2022). An overview of potential production of bio-lubricant in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 951(1).
- Margarita, Hari. (2018). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Bekatul dan Dedak. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Mastura, M., Wati, J., & Mauliza, M. (2022). Ekstrak Etanol Buah Jeluak (*Microcos Tomentosa*) sebagai Antioksidan dengan Metode DPPH. *KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 5(1), 8–16.
- Molyneux, P. (2004). The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(December 2003), 211–219.
- Muhammad, Abdullah. (2022). Urgensi Pelestarian Lingkungan Hidup dalam Al-Qur'an. *JURNAL PILAR: Jurnal Kajian Islam Kontemporer*, 13(1), 67–87.
- Mutmainnah, Kharisma. (2022). Pengaruh Pelarut Terhadap Peningkatan Konsentrasi Total Fenolik dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Bekatul Terfermentasi *Rhizopus oryzae*. *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Neha, K., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019). Medicinal prospects of antioxidants: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 178, 687–704.
- Ningsih, D, S., Henri, Roanisca, O., & Mahardika, R, G. (2020). Skrining Fitokimia dan Penetapan Kandungan Total Fenolik Ekstrak Daun Tumbuhan Sapu-sapu (*Baekkea frutescens L.*). *BIOTROPIKA: Journal of Tropical Biology*, 8(3).
- Nurmazela, V., Ridwanto, R., & Rani, Z. (2022). Antioxidant Activity Test of Barangan Banana Hump's Ethanol Extract (*Musa Paradisiaca (L.)*) with DPPH (1, 1 Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) Method. *International Journal of Science, Technology & Management*, 3(5), 1478–1483.

- Olszowy, M. (2019). What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants? *Plant Physiology and Biochemistry*, *144*, 135–143.
- Pang, Y., Ahmed, S., Xu, Y., Beta, T., Zhu, Z., Shao, Y., & Bao, J. (2018). Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. In *Food Chemistry*, 240.
- Pereiro-Caro, G., Cros, G., Yokota, T., & Crozier, A. (2013). Phytochemical Profiles of Black, Red, Brown, and White Rice from the C margue Region of Rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(33), 7976-7986
- Permatasari, A., Batubara, I., & Nursid, M. (2020). Pengaruh Konsentrasi Etanol dan Waktu Maserasi terhadap Rendemen, Kadar Total Fenol dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut Padina australis. *A Scientific Journal*, *37*(2), 78–84.
- Pongkasamepornkul, P., Yamkasorn, P., Tongchitpakdee, S., Naivikul, O., & Kamonpatana, P. (2022). Effects of ethanol-water extraction on antioxidants from Riceberry (*Oryza sativa* L.) bran. *Agriculture and Natural Resources*, *56*(1), 35–44.
- Prayoga, D, G, E., Nocianitri, K, A., & Puspwati, N, N. (2019). Identifikasi Senyaa Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kasar Daun Pepe (*Gymnema reticulatum* Br.) pada Berbagai Jenis Pelarut. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, *8*(2), 111-121.
- Prior, R, L., Wu, X., & Scaich, K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *35*(10).
- Punia, S., Kumar, M., Siroha, A. K., & Purewal, S. S. (2021). Rice Bran Oil: Emerging Trends in Extraction, Health Benefit, and Its Industrial Application. *Rice Science*, *28*(3), 217–232.
- Qiao, C. C., Zeng, F. K., Wu, N. N., & Tan, B. (2021). Functional, physicochemical and structural properties of soluble dietary fiber from rice bran with extrusion cooking treatment. *Food Hydrocolloids*, *121*(March).
- Qutb, Sayyid. (2003). *Fi Dzilal Quran Quthb, Sayyid, Tafsir Fi Zhilalil Qur'an di Bawah Naungan Al-Qur'an Jilid VII*. Jakarta: Gema Insani Press.

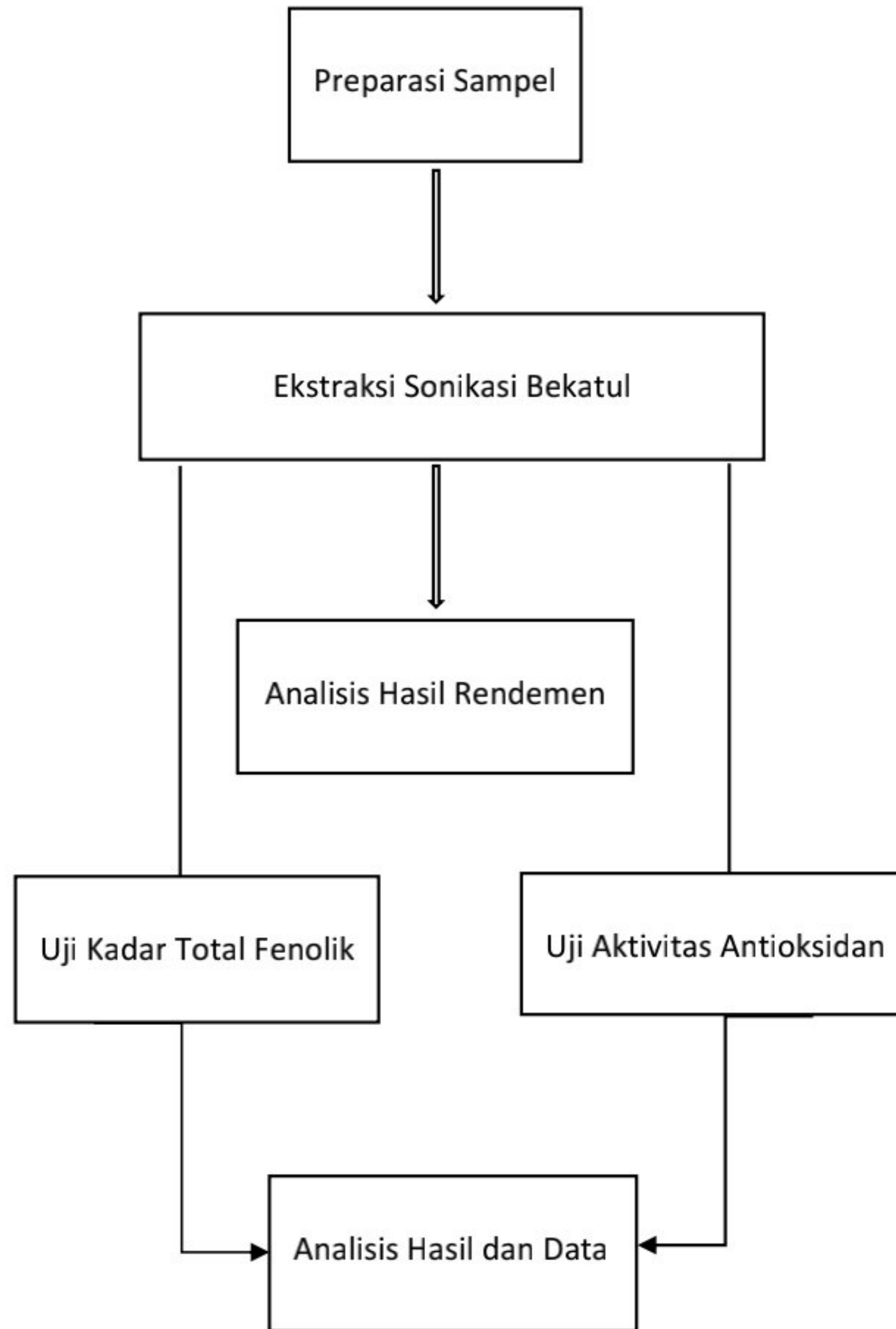
- Romulo, A. (2020). The Principle of Some in vitro Antioxidant Activity Methods: Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1).
- Rosdialena. (2018). Dakwah dan Tantangan Etika Global. *TATHWIR: Jurnal Pengembangan Masyarakat Islam*, 23-43
- Rumoroy, J. D., Sudewi, S., & Siampa, J. P. (2019). Analisis Total Fenolik Daun Gedi Hijau (*Abelmoschus manihot* L.) dengan Menggunakan Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *PHARMACON: Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 8(3).
- Ryan, E. P. (2011). Timely Topics in Nutrition Bioactive food components and health properties of rice bran. *J Am Vet Med Assoc*, 593–600.
- Sam, S., Malik, A., & Handayani, S. (2016). Penetapan Kadar Fenolik Total dari Ekstrak Etanol Bunga Rosella Berwarna Merah (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 3(2), 182–187.
- Santos, N, C, B., Barouh, N., Durand, E., Barea, B., Robert, M., Micard, V., Lullein-Pellerin, V., Cameron, L, C., Ryan, E, P., Ferreira, M, S, L., & Bourlieu-Lacanal, C. (2021). Metabolomics of Pigmented Rice Coproducts Applying Conventional or Deep Eutectic Extraction Solvents Reveal a Potential Antioxidant Source for Human Nutrition. *Metabolites*, 11(2), 110
- Saptari, T., Triastinurmiatiningsih, Lohita, B., & Sayyidah, I, N. (2019). Kadar Fenolik dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Rumput Laut Coklat (*Padina australis*). *Fitofarmaka*, 9(1).
- Sapwarobol, S., Saphyakhajorn, W., & Astina, J. (2021). Biological Functions and Activities of Rice Bran as a Functional Ingredient: A Review. *Nutrition and Metabolic Insights*, 14.
- Sari, T., Maryono, Hasri, & Abbas, G, H. (2021). Kandungan Fenolik Total Ekstrak Etanol Dan Etil Asetat Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*, L.) Serta Uji Bioaktivitas Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Chemica*, 22(1),74-83.
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L, A. (2018). Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768.
- Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., & Beta, T. (2014). Identification and

- quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.). *Journal of Cereal Science*, 59(2), 211–218.
- Sharma, M., & Bhat, R. (2021). Extraction of carotenoids from pumpkin peel and pulp: Comparison between innovative green extraction technologies (ultrasonic and microwave-assisted extractions using corn oil). *Foods*, 10(4).
- Shihab, Quraish. (2002). *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sjahid, L. R., Aqshari, A., & Sediarto, S. (2020). Penetapan Kadar Fenolik dan Flavonoid Hasil Ultrasonic Assisted Extraction Daun Binahong (*Anredera cordifolia* [Ten] Steenis). *Jurnal Riset Kimia*, 11(1), 16–23.
- Stoia, M., & Oancea, S. (2022). Low-Molecular-Weight Synthetic Antioxidants: Classification, Pharmacological Profile, Effectiveness and Trends. *Antioxidants*, 11(4).
- Sungkawa, I. (2013). Penerapan Analisis Regresi dan Korelasi dalam Menentukan Arah Hubungan Antara Dua Faktor Kualitatif pada Tabel Kontingensi. *Jurnal Matematika dan Statistik*, 13(1), 33-41.
- Surin, S., You, S. G., Seesuriyachan, P., Muangrat, R., Wangtueai, S., Jambrak, A. R., Phongthai, S., Jantanasakulwong, K., Chaiyaso, T., & Phimolsiripol, Y. (2020). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from purple glutinous rice bran (*Oryza sativa* L.) and their antioxidant activities. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10.
- Susanti, Fadilah, N., Rizkuloh, L., R. (2022). Ultrasonic-Assisted Extraction and In Vitro Antioxidant Activity of Gadung Tuber Extract (*Dioscorea hispida* Dennst). *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 13(1), 39-48.
- Susiloningrum, D., & Sari, D, E, M. (2021). Uji Aktivitas Antioksidan dan Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Temu Mangga (*Curcuma mangga* Valetton & Zijp) dengan Variasi Konsentrasi Pelarut. *Cendekia Journal of Pharmacy*. 5(2).
- Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., & Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P., & Thitilerdecha, N. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activities of red (Brown Red Jasmine) and black (Kam Leum Pua) native pigmented rice. *International Food Research Journal*, 23(1), 410-414.

- Ulfa, S, M. (2016). Identifikasi dan Uji Aktivitas Senyawa Antioksidan dalam Bekatul dengan Menggunakan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana malik Ibrahim Malang.
- Ulyah, Khalimatul. (2019). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol 96% Bekatul (Rice Bran) dan Pengaruh Terapinya Terhadap Gambaran Histologi Pankreas Mencit ( Mus musculus) Diabbetes Mellitus. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Wahyuni, N, M, S., Wrasati, L, P., & Hartiati, A. (2021). Analisis Korelasi Antara Kandungan Senyawa Bioaktif dengan Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Daun Bambu Duri (*Bambusa blumeana*). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 1062-1070.
- Wahyuningsih, S., Bachri, N., Awaluddin, N., Andriani, I., Farmasi, F., Megarezky, U., & Farmasi, F. (2021). *Jurnal Katalisator*. 6(2), 270–283.
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C. S., Zandile, M., Duan, Y., Ma, H., & Luo, X. (2018). Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops – A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 538–549.
- Widarta, I. W. ., Nocianitri, K. A., & Sari, L. P. I. P. (2013). Ekstraksi Komponen Bioaktif Bekatul Beras Lokal Dengan Beberapa Jenis Pelarut. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(2), 75–79.
- Widyasanti, A., Rohdiana, D., & Ekatama, N. (2016). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Teh Putih Dengan Metode Dpph. *Edufortech*, 1(1), 1–9.
- Yadav, R, N, S., & Argawala, M. (2011). Phytochemical Analysis of Some Medicinal Plants. *Journal of Phytology*, 3(12), 10-14.
- Zaitun, Anis. (2021). Pengaruh Waktu Stabilisasi Bekatul dan Waktu Ekstraksi Terhadap Aktivitas Antioksidan Minyak Bekatul. *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Zamuz, S., Munekata, P. E. S., Dzuovor, C. K. O., Zhang, W., Sant'Ana, A. S., & Lorenzo, J. M. (2021). The role of phenolic compounds against *Listeria monocytogenes* in food. A review. *Trends in Food Science and Technology*, 110(February), 385–392.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Rancangan Penelitian



## Lampiran 2. Diagram Alir

### 2.1 Preparasi Sampel

Bekatul beras merah dan bekatul beras putih

- Diayak 400 gram masing-masing bekatul dengan mesh ukuran 60
- Dibungkus menggunakan *aluminium foil*
- Diinkubasi menggunakan oven selama 15 menit pada suhu 100 °C.
- Didinginkan pada suhu ruang
- Disimpan sampel kering pada suhu 4 °C

Hasil

### 2.2 Ekstraksi Bekatul Menggunakan Metode Sonikasi

Sampel kering, larutan etanol 70% dan larutan etanol 96%

- Dimasukkan sampel kering bekatul beras merah dan putih sebanyak 30 gram, masing-masing ke dalam 2 erlenmeyer yang berbeda
- Dilarutkan tiap jenis sampel kering dalam pelarut etanol 70% dan 96% sebanyak 180 mL
- Diekstraksi sampel selama 20 menit
- Disaring sampel menggunakan corong Buchner
- Dimasukkan filtrat ke dalam vial
- Dipekatkan filtrat menggunakan *vacum rotary evaporator* pada suhu 45 °C
- Dilakukan pengulangan perlakuan dari awal sebanyak 3 kali
- Dihitung rendemen ekstrak
- Disimpan ekstrak dalam lemari pendingin

Hasil

### 2.3 Uji Kadar Total Fenolik Ekstrak Etanol Bekatul

#### a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Asam galat, larutan etanol 70%, larutan etanol 96%, reagen *Folin-Ciocalteu* 10% dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%

- Ditimbang asam galat sebanyak 1 mg sebanyak dua kali
- Dilarutkan masing-masing asam galat dengan larutan etanol 70% dan larutan etanol 96% sampai volume 5 mL dalam labu ukur
- Diencerkan masing-masing larutan asam galat menjadi konsentrasi 6 ppm dalam labu ukur 5 mL
- Dipipet masing-masing larutan 1 mL ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10%
- Divortex
- Didiamkan selama 3 menit pada suhu ruang
- Ditambahkan 2 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%
- Diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang
- Dimasukkan ke dalam kuvet dan dicari panjang gelombang maksimum pada rentang panjang gelombang 600-800 nm

Hasil

### b. Penentuan Waktu Kestabilan

Asam galat, larutan etanol 70%, larutan etanol 96%, reagen *Folin-Ciocalteu* 10% dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%

- Diencerkan larutan stok 100 ppm masing-masing menjadi konsentrasi 6 ppm labu ukur 5 mL
- Dipipet masing-masing larutan 1 mL ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10%
- Divortex
- Didiamkan selama 3 menit pada suhu ruang
- Ditambahkan 2 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%
- Dimasukkan ke dalam kuvet dan dicari waktu kestabilan pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh dengan rentang waktu 0-90 menit

Hasil

### c. Pembuatan Kurva Standar Asam Galat

Asam galat, larutan etanol 70%, larutan etanol 96%, reagen *Folin-Ciocalteu* 10% dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%

- Diencerkan larutan stok 100 ppm masing-masing menjadi konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm dalam labu ukur 5 mL
- Dipipet larutan asam galat masing-masing 1 mL ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10%
- Divortex
- Didiamkan selama 3 menit pada suhu ruang
- Ditambahkan 2 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%
- Diinkubasi selama waktu kestabilan yang sudah diperoleh pada suhu ruang
- Dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang yang sudah diperoleh
- Dibuat kurva hubungan absorbansi dengan konsentrasi asam galat

Hasil

**d. Penentuan Kadar Total Fenolik**

Asam galat, larutan etanol 70%, larutan etanol 96%, reagen *Folin-Ciocalteu* 10% dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%

- Ditimbang masing-masing 1 mg ekstrak bekatul merah dan ekstrak bekatul putih sebanyak 2 kali
- Dilarutkan ekstrak A dengan etanol 70% dan ekstrak B dengan etanol 96% dalam labu ukur 5 mL
- Dipipet masing-masing larutan sampel sebanyak 1 mL ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan reagen Folin-Ciocalteu 10% sebanyak 2,5 mL
- Divortex
- Didiamkan selama 3 menit pada suhu ruang
- Ditambahkan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% sebanyak 2 mL
- Divortex
- Diinkubasi selama waktu kestabilan yang sudah diperoleh pada suhu ruang
- Diukur absorbansi pada panjang gelombang yang sudah diperoleh
- Dilakukan pengulangan perlakuan sebanyak 3 kali
- Dihitung kadar total fenolik

Hasil

## 2.4 Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Bekatul Menggunakan Metode DPPH

### a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan etanol 70%, larutan etanol 96% dan DPPH 0,2 mM

- Dicampurkan etanol 70% dan etanol 96% masing-masing 3 mL dengan 1 ml 0,2 mM larutan DPPH
- Dimasukkan kedalam tabung reaksi
- Ditutup tabung reaksi dengan alumunium foil
- Diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37 °C
- Dimasukkan ke dalam kuvet
- Dicari panjang gelombang maksimum larutan pada rentang panjang gelombang 500-600 nm
- Dicatat hasil pengukuran panjang gelombang maksimum untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

Hasil

### b. Penentuan Absorbansi Kontrol

Larutan etanol 70%, larutan etanol 96% dan larutan DPPH 0,2 mM

- Dipipet dan dimasukkan 1 mL larutan DPPH 0,2 mM ke dalam dua tabung reaksi
- Ditambahkan masing-masing larutan DPPH dengan larutan etanol 70% dan larutan etanol 96% sebanyak 3 ml
- Ditutup tabung reaksi dengan *alumunium foil*
- Diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit
- Dimasukkan larutan kedalam kuvet
- Diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh

Hasil

### c. Penentuan Absorbansi Sampel

Ekstrak bekatul, larutan etanol 70%, larutan etanol 96% dan larutan DPPH 0,2 mM

- Dilarutkan masing-masing ekstrak dalam pelarut etanol 70% dan 96% dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm
- Dimasukkan masing-masing variasi sebanyak 3 mL ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan DPPH 0,2 mM sebanyak 1 mL ke dalam masing-masing variasi
- Ditutup tabung reaksi menggunakan alumunium foil
- Diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit
- Dimasukkan ke dalam kuvet
- Diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Perlakuan dari awal dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali
- Dihitung nilai % aktivitas antioksidan
- Dilakukan pengulangan perlakuan menggunakan sampel vitamin C

Hasil

### Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Larutan dan Reagen

#### 3.1 Pembuatan Larutan Uji Penentuan Kadar Total Fenolik

##### 1. Pembuatan larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10% 50 mL

$$\begin{aligned} \text{Gram} &= \frac{10\%}{100\%} \times 50 \text{ mL} \\ &= 5 \text{ gram} \end{aligned}$$

##### 2. Pembuatan reagen Folin-Ciocalteau 10% 70 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

- Menggunakan labu ukur 50 mL

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{10\% \times 50 \text{ mL}}{100\%} \\ &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

- Menggunakan labu ukur 20 mL

$$V_1 = \frac{10\% \times 20 \text{ mL}}{100\%}$$

$$= 2 \text{ mL}$$

### 3. Pembuatan larutan stok asam galat 100 ppm dalam 5 mL

$$\text{Ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\begin{aligned} \text{Mg} &= \text{ppm} \times \text{L} \\ &= 100 \text{ mg/L} \times 0,005 \text{ L} \\ &= 0,5 \text{ mg} \end{aligned}$$

### 4. Pembuatan larutan standar asam galat dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm dalam 5 mL

- a) 2 ppm

$$V_1 = \frac{2 \text{ ppm} \times 5 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,1 \text{ mL}$$

- b) 4 ppm

$$V_1 = \frac{4 \text{ ppm} \times 5 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,2 \text{ mL}$$

- c) 6 ppm

$$V_1 = \frac{6 \text{ ppm} \times 5 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,3 \text{ mL}$$

- d) 8 ppm

$$V_1 = \frac{8 \text{ ppm} \times 5 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,4 \text{ mL}$$

- e) 10 ppm

$$V_1 = \frac{10 \text{ ppm} \times 5 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,5 \text{ mL}$$

**5. Pembuatan larutan sampel 100 ppm dalam 10 mL**

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= \frac{\text{mg}}{\text{L}} \\ \text{mg} &= \text{ppm} \times \text{L} \\ &= 100 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L} \\ &= 1 \text{ mg} \end{aligned}$$

**3.2 Pembuatan Larutan Uji Aktivitas Antioksidan**

**1. Pembuatan larutan DPPH dalam 20 ml dengan etanol 70% dan 96%**

$$\begin{aligned} \text{Mr DPPH} &= 394,33 \text{ g/mol} \\ \text{Mol DPPH} &= 20 \text{ mL} \times \frac{0,2 \text{ M}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 0,004 \text{ mmol} \\ \text{Massa DPPH} &= \text{mol DPPH} \times \text{Mr DPPH} \\ &= 0,004 \text{ mmol} \times 394,33 \text{ g/mol} \\ &= 1,57732 \text{ mg} \end{aligned}$$

**2. Pembuatan larutan untuk penentuan waktu kestabilan pengukuran antioksidan 100 ppm dalam 5 mL**

$$\begin{aligned} \text{Ppm} &= \frac{\text{mg}}{\text{L}} \\ \text{Mg} &= \text{ppm} \times \text{L} \\ &= 100 \text{ mg/L} \times 0,005 \text{ L} \\ &= 0,5 \text{ mg} \end{aligned}$$

**3. Pembuatan larutan stok ekstrak bekatul dalam 20 mL**

$$\begin{aligned} \text{Ppm} &= \frac{\text{mg}}{\text{L}} \\ \text{Mg} &= \text{ppm} \times \text{L} \\ &= 100 \text{ mg/L} \times 0,02 \text{ L} \\ &= 2 \text{ mg} \end{aligned}$$

**4. Pembuatan larutan stok vitamin C 100 ppm dalam 5 mL**

$$\begin{aligned} \text{Ppm} &= \frac{\text{mg}}{\text{L}} \\ \text{Mg} &= \text{ppm} \times \text{L} \\ &= 100 \text{ mg/L} \times 0,005 \text{ L} \\ &= 0,5 \text{ mg} \end{aligned}$$

**5. Pembuatan larutan uji ekstrak etanol bekatul dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm dalam 10 mL**

a) 10 ppm

$$V_1 = \frac{10 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 1 \text{ mL}$$

b) 20 ppm

$$V_1 = \frac{20 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 2 \text{ mL}$$

c) 30 ppm

$$V_1 = \frac{30 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 3 \text{ mL}$$

d) 40 ppm

$$V_1 = \frac{40 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 4 \text{ mL}$$

e) 50 ppm

$$V_1 = \frac{50 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 5 \text{ mL}$$

f) 30 ppm

$$V_1 = \frac{30 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 3 \text{ mL}$$

**6. Pembuatan larutan uji asam askorbat dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm dalam 10 mL**

a) 1 ppm

$$V_1 = \frac{1 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 0,1 \text{ mL}$$

b) 2 ppm

$$V_1 = \frac{2 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\ = 0,2 \text{ mL}$$

c) 3 ppm

$$V_1 = \frac{3 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,3 \text{ mL}$$

d) 4 ppm

$$V_1 = \frac{4 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,4 \text{ mL}$$

e) 5 ppm

$$V_1 = \frac{5 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,5 \text{ mL}$$

**Lampiran 4. Tabel Hasil Rendemen**

Sampel	Pengulangan	Berat Sampel (gram)	Berat Ekstrak (gram)	Total Ekstrak (gram)	Rendemen (%)	
Ekstrak Bekatul Beras Merah	70%	U1	30	2,62	8,74	
		U2	30	1,91	2,30	6,36
		U3	30	2,36		7,86
<b>Rata-rata Rendemen + Standar Deviasi</b>					<b>7,65 ± 1,20</b>	
Ekstrak Bekatul Beras Putih	96%	U1	30	2,18	7,28	
		U2	30	1,75	2,14	5,82
		U3	30	2,49		8,28
<b>Rata-rata Rendemen + Standar Deviasi</b>					<b>7,13 ± 1,24</b>	
Ekstrak Bekatul Beras Putih	70%	U1	30	2,24	7,45	
		U2	30	1,52	2,06	5,08
		U3	30	2,42		8,07
<b>Rata-rata Rendemen + Standar Deviasi</b>					<b>6,87 ± 1,58</b>	
Ekstrak Bekatul Beras Putih	96%	U1	30	2,47	8,23	
		U2	30	1,81	1,98	6,02
		U3	30	1,65		5,48
<b>Rata-rata Rendemen + Standar Deviasi</b>					<b>6,58 ± 1,46</b>	

#### 4.1 Perhitungan %Rendemen

1. Ekstrak bekatul beras merah menggunakan etanol 70%

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,30 \text{ gram}}{30+30+30 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 7,65\%$$

2. Ekstrak bekatul beras merah menggunakan etanol 96%

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,14 \text{ gram}}{30+30+30 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 7,13\%$$

3. Ekstrak bekatul beras putih menggunakan etanol 70%

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,06 \text{ gram}}{30+30+30 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 6,87\%$$

4. Ekstrak bekatul beras putih menggunakan etanol 96%

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

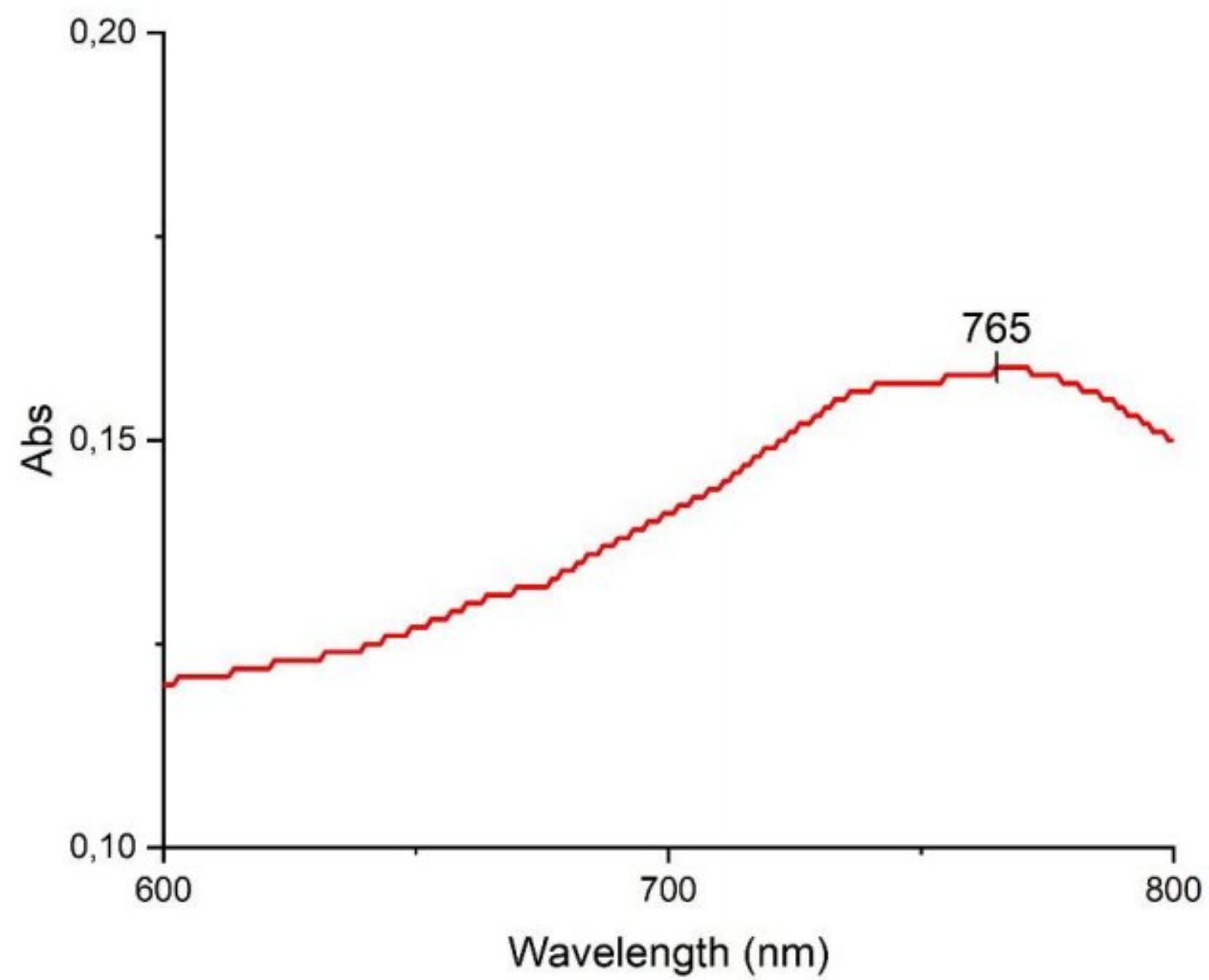
$$= \frac{1,98 \text{ gram}}{30+30+30 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 6,58\%$$

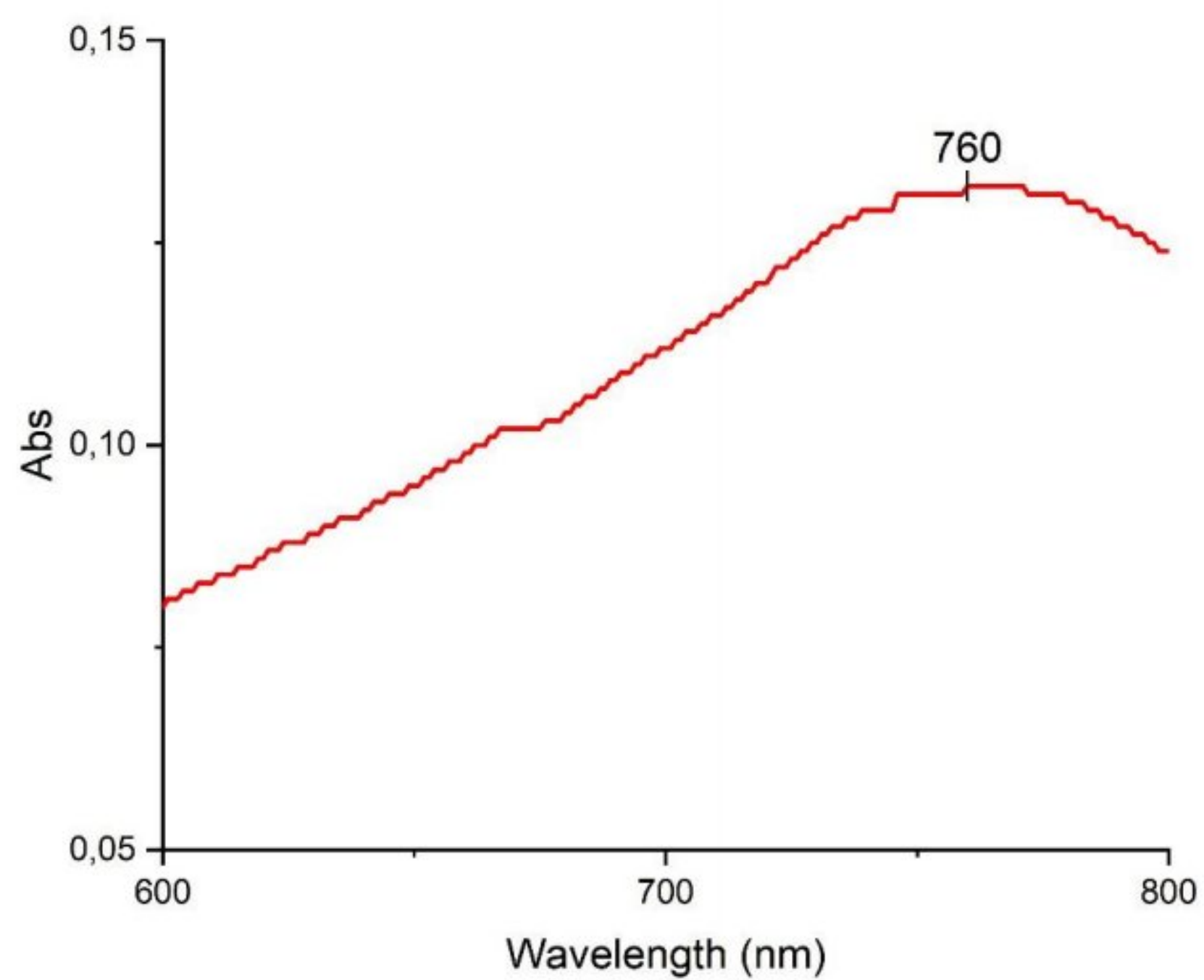
## Lampiran 5. Uji Penentuan Kadar Total Fenolik

### 5.1 Panjang Gelombang Maksimum Asam Galat

#### a. Menggunakan Etanol 70%



#### b. Menggunakan Etanol 96%



### 5.2 Tabel Hasil Uji Waktu Kestabilan

Menit Ke-	Absorbansi	
	Menggunakan etanol 96%	Menggunakan etanol 70%
0	0,055	0,070
5	0,075	0,082
10	0,085	0,092
15	0,092	0,097
20	0,094	0,101
25	0,095	0,103
30	0,097	0,105
35	0,097	0,106
40	0,098	0,108
45	0,099	0,109
50	0,100	0,110
55	0,101	0,111
60	0,102	0,111
65	0,102	0,112
70	0,103	0,112
75	0,103	0,113
80	0,103	0,113
85	0,104	0,114
90	0,104	0,114

### 5.3 Hasil Uji Kadar Total Fenolik

Sampel	Pengulangan	Absorbansi (nm)	Kadar Total Fenolik (mg GAE/g)	Rata-rata Kadar Total Fenolik + Standar Deviasi
Ekstrak Bekatul Beras Merah	70%	1	0,281	15,30
		2	0,291	
		3	0,298	
	96%	1	0,201	5,64
		2	0,208	
		3	0,211	
Ekstrak Bekatul Beras Putih	70%	1	0,108	4,14
		2	0,099	
		3	0,112	
	96%	1	0,087	1,91
		2	0,101	
		3	0,102	

### 5.4 Perhitungan Kadar Total Fenolik

#### 1. Ekstrak bekatul merah menggunakan etanol 70%

##### - Ulangan 1

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0155x + 0,0438$$

$$0,281 = 0,0155x + 0,0438$$

$$x = \frac{0,281 - 0,0438}{0,0155}$$

$$x = 15,30$$

- Kadar total fenolik

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \times V}{g}$$

$$= \frac{15,30 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}}$$

$$= 15,30 \text{ mg GAE/g ekstrak}$$

##### - Ulangan 2

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0155x + 0,0438$$

$$0,291 = 0,0155x + 0,0438$$

$$x = \frac{0,291 - 0,0438}{0,0155}$$

$$x = 15,95$$

- Kadar total fenolik

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \times V}{g}$$

$$= \frac{15,95 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}}$$

$$= 15,95 \text{ mg GAE/g ekstrak}$$

##### - Ulangan 3

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0155x + 0,0438$$

$$0,298 = 0,0155x + 0,0438$$

$$x = \frac{0,298 - 0,0348}{0,0155}$$

$$x = 16,40$$

- Kadar total fenolik

$$\begin{aligned} \text{Total Fenolik} &= \frac{C \times V}{g} \\ &= \frac{16,40 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}} \\ &= 16,40 \text{ mg GAE/g ekstrak} \end{aligned}$$

## 2. Ekstrak bekatul merah menggunakan etanol 96%

### - Ulangan 1

- Konsentrasi fenolik

$$y (\text{Abs. Sampel}) = 0,0306x + 0,0285$$

$$0,201 = 0,0306x + 0,0285$$

$$x = \frac{0,201 - 0,0285}{0,0306}$$

$$x = 5,64$$

- Kadar total fenolik

$$\begin{aligned} \text{Total Fenolik} &= \frac{C \times V}{g} \\ &= \frac{5,64 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}} \\ &= 5,64 \text{ mg GAE/g ekstrak} \end{aligned}$$

### - Ulangan 2

- Konsentrasi fenolik

$$y (\text{Abs. Sampel}) = 0,0306x + 0,0285$$

$$0,208 = 0,0306x + 0,0285$$

$$x = \frac{0,208 - 0,0285}{0,0306}$$

$$x = 5,87$$

- Kadar total fenolik

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \times V}{g}$$

$$= \frac{5,87 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}}$$

$$= 5,87 \text{ mg GAE/g ekstrak}$$

- Ulangan 3

- Konsentrasi fenolik

$$y (\text{Abs. Sampel}) = 0,0306x + 0,0285$$

$$0,211 = 0,0306x + 0,0285$$

$$x = \frac{0,211 - 0,0285}{0,0306}$$

$$x = 5,96$$

- Kadar total fenolik

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \times V}{g}$$

$$= \frac{5,96 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}}$$

$$= 5,96 \text{ mg GAE/g ekstrak}$$

3. Ekstrak bekatul putih menggunakan etanol 70%

- Ulangan 1

• Konsentrasi fenolik

$$y (\text{Abs. Sampel}) = 0,0155x + 0,0438$$

$$0,108 = 0,0155x + 0,0438$$

$$x = \frac{0,108 - 0,0438}{0,0155}$$

$$x = 4,14$$

• Kadar total fenolik

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \times V}{g}$$

$$= \frac{4,14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}}$$

$$= 4,14 \text{ mg GAE/g ekstrak}$$

- Ulangan 2

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0155x + 0,0438$$

$$0,099 = 0,0155x + 0,0438$$

$$x = \frac{0,099 - 0,0438}{0,0155}$$

$$x = 3,56$$

- Kadar total fenolik

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \times V}{g}$$

$$= \frac{3,56 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}}$$

$$= 3,56 \text{ mg GAE/g ekstrak}$$

- Ulangan 3

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0155x + 0,0438$$

$$0,112 = 0,0155x + 0,0438$$

$$x = \frac{0,112 - 0,0438}{0,0155}$$

$$x = 4,40$$

- Kadar total fenolik

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \times V}{g}$$

$$= \frac{4,40 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}}$$

$$= 4,40 \text{ mg GAE/g ekstrak}$$

4. Ekstrak bekatul putih menggunakan etanol 96%

- Ulangan 1

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0306x + 0,0285$$

$$0,087 = 0,0306x + 0,0285$$

$$x = \frac{0,087 - 0,0285}{0,0305}$$

$$x = 1,91$$

- Kadar total fenolik

$$\begin{aligned} \text{Total Fenolik} &= \frac{C \times V}{g} \\ &= \frac{1,91 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}} \\ &= 1,91 \text{ mg GAE/g ekstrak} \end{aligned}$$

- Ulangan 2

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0306x + 0,0285$$

$$0,101 = 0,0306x + 0,0285$$

$$x = \frac{0,101 - 0,0285}{0,0306}$$

$$x = 2,37$$

- Kadar total fenolik

$$\begin{aligned} \text{Total Fenolik} &= \frac{C \times V}{g} \\ &= \frac{2,37 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}} \\ &= 2,37 \text{ mg GAE/g ekstrak} \end{aligned}$$

- Ulangan 3

- Konsentrasi fenolik

$$y \text{ (Abs. Sampel)} = 0,0306x + 0,0285$$

$$0,102 = 0,0306x + 0,0285$$

$$x = \frac{0,102 - 0,0285}{0,0306}$$

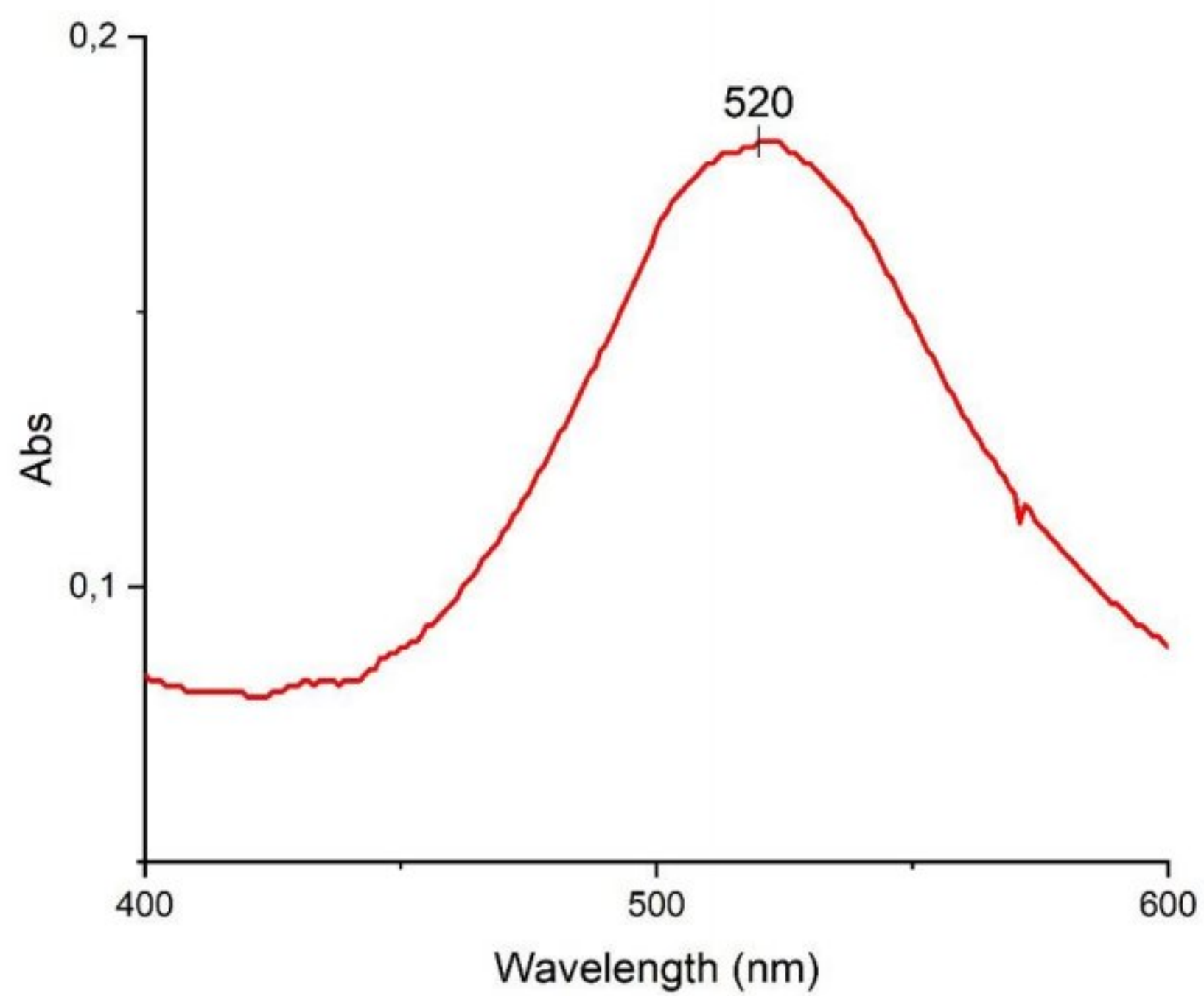
$$x = 2,40$$

- Kadar total fenolik

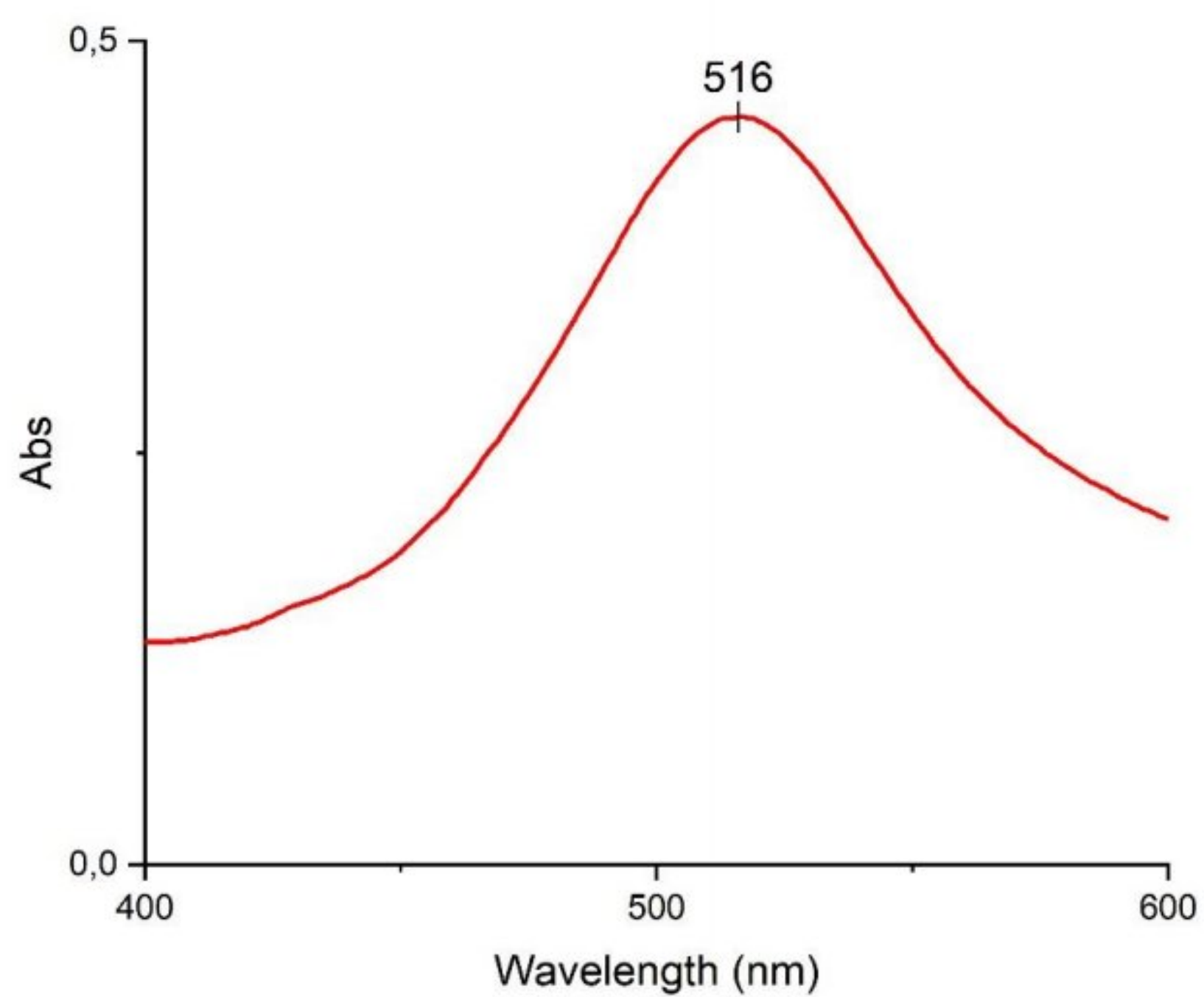
$$\begin{aligned} \text{Total Fenolik} &= \frac{C \times V}{g} \\ &= \frac{2,40 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}}{0,001 \text{ g}} \\ &= 2,40 \text{ mg GAE/g ekstrak} \end{aligned}$$

**Lampiran 6. Uji Aktivitas Antioksidan dan IC<sub>50</sub>****6.1 Panjang Gelombang Maksimum DPPH**

a. Menggunakan Etanol 70%



b. Menggunakan Etanol 96%



6.2 Tabel Hasil Aktivitas Antioksidan dan IC<sub>50</sub> Ekstrak Bekatul

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (nm)			Aktivitas Antioksidan (%)			
		U1	U2	U3	U1	U2	U3	
Ekstrak Bekatul Beras Merah	Kontrol	0,41	0,41	0,41	-	-	-	
	70%	10	0,27	0,24	0,20	35,19	42,72	52,67
		20	0,20	0,19	0,18	50,97	53,16	55,58
		30	0,05	0,07	0,16	88,11	82,28	60,92
		40	0,05	0,03	0,05	87,62	92,96	88,11
		50	0,03	0,03	0,03	93,45	93,69	92,72
		<b>IC<sub>50</sub></b>				16,24	13,80	12,24
	<b>Rata-rata IC<sub>50</sub> + Std. Deviasi</b>				14,29 ± 2,02			
	Kontrol	0,33	0,33	0,33	-	-	-	
	96%	10	0,25	0,25	0,26	24,16	22,32	21,10
		20	0,12	0,13	0,17	62,08	61,16	47,40
		30	0,10	0,11	0,12	68,20	67,89	63,30
		40	0,06	0,07	0,11	80,43	78,59	66,36
50		0,05	0,05	0,09	86,24	85,63	72,48	
<b>IC<sub>50</sub></b>					20,02	20,89	26,16	
<b>Rata-rata IC<sub>50</sub> + Std. Deviasi</b>				22,29 ± 3,32				
Ekstrak Bekatul Beras Putih	Kontrol	0,40	0,40	0,40	-	-	-	
	70%	10	0,33	0,33	0,31	19,15	22,32	22,64
		20	0,26	0,26	0,26	34,83	61,16	36,32
		30	0,19	0,21	0,19	52,24	67,89	52,49
		40	0,13	0,17	0,14	66,67	78,59	65,42
		50	0,08	0,14	0,07	81,10	85,63	82,34
		<b>IC<sub>50</sub></b>				24,49	34,05	28,76
	<b>Rata-rata IC<sub>50</sub> + Std. Deviasi</b>				30,51 ± 2,87			
	Kontrol	0,49	0,49	0,49	-	-	-	
	96%	10	0,45	0,44	0,44	8,50	10,12	10,73
		20	0,43	0,41	0,42	12,55	16,40	15,18
		30	0,38	0,37	0,37	22,67	25,71	24,90
		40	0,35	0,36	0,35	28,75	27,13	28,95
50		0,33	0,33	0,33	32,79	32,79	33,40	
<b>IC<sub>50</sub></b>					74,68	79,16	76,30	
<b>Rata-rata IC<sub>50</sub> + Std. Deviasi</b>				76,61 ± 2,27				

### 6.3 Perhitungan IC<sub>50</sub> Ekstrak Bekatul

#### a. Ekstrak Bekatul Beras Merah Menggunakan Etanol 70%

- Ulangan 1

$$y = 1,5316x + 25,121$$

$$50 = 1,5316x + 25,121$$

$$x = \frac{50-25,121}{1,5316}$$

$$x = 16,24 \text{ ppm}$$

- Ulangan 2

$$y = 1,4175x + 30,437$$

$$50 = 1,4175x + 30,437$$

$$x = \frac{50-30,437}{1,4175}$$

$$x = 13,80 \text{ ppm}$$

- Ulangan 3

$$y = 1,1262x + 36,214$$

$$50 = 1,1262x + 36,214$$

$$x = \frac{50-36,214}{1,1262}$$

$$x = 12,24 \text{ ppm}$$

#### b. Ekstrak Bekatul Beras Merah Menggunakan Etanol 96%

- Ulangan 1

$$y = 1,4251x + 21,468$$

$$50 = 1,4251x + 21,468$$

$$x = \frac{50-21,468}{1,4251}$$

$$x = 20,02 \text{ ppm}$$

- Ulangan 2

$$y = 1,5753x + 12,408$$

$$50 = 1,5753x + 12,408$$

$$x = \frac{50-12,408}{1,5753}$$

$$x = 20,89 \text{ ppm}$$

- Ulangan 3

$$y = 1,2171x + 17,615$$

$$50 = 1,2171x + 17,615$$

$$x = \frac{50-17,615}{1,2171}$$

$$x = 26,16 \text{ ppm}$$

**c. Ekstrak Bekatul Beras Putih Menggunakan Etanol 70%**

- Ulangan 1

$$y = 1,5572x + 4,0793$$

$$50 = 1,5572x + 4,0793$$

$$x = \frac{50-4,0793}{1,5572}$$

$$x = 29,49 \text{ ppm}$$

- Ulangan 2

$$y = 1,1791x + 9,8506$$

$$50 = 1,1791x + 9,8506$$

$$x = \frac{50-9,8506}{1,1791}$$

$$x = 34,05 \text{ ppm}$$

- Ulangan 3

$$y = 1,4851x + 7,2887$$

$$50 = 1,4851x + 7,2887$$

$$x = \frac{50-7,2887}{1,4851}$$

$$x = 28,76 \text{ ppm}$$

**d. Ekstrak Bekatul Beras Putih Menggunakan Etanol 96%**

- Ulangan 1

$$y = 0,6478x + 1,6194$$

$$50 = 0,6478x + 1,6194$$

$$x = \frac{50-1,6194}{0,6478}$$

$$x = 74,68 \text{ ppm}$$

- Ulangan 2

$$y = 0,5608x + 5,6069$$

$$50 = 0,5608x + 5,6069$$

$$x = \frac{50-5,6069}{0,5608}$$

$$x = 79,16 \text{ ppm}$$

- Ulangan 3

$$y = 0,5911x + 4,8989$$

$$50 = 0,5911x + 4,8989$$

$$x = \frac{50-4,8989}{0,5911}$$

$$x = 76,30 \text{ ppm}$$

**6.4 Tabel Hasil Aktivitas Antioksidan dan IC<sub>50</sub> Vitamin C**

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (nm)			Aktivitas Antioksidan (%)			
		U1	U2	U3	U1	U2	U3	
Vitamin C	Kontrol	0,38	0,38	0,38	-	-	-	
	70%	1	0,18	0,20	0,20	51,83	48,95	47,64
		2	0,18	0,18	0,18	52,62	52,62	52,36
		3	0,05	0,09	0,08	86,91	76,96	79,06
		4	0,01	0,01	0,05	96,34	96,86	86,39
		5	0,00	0,01	0,01	99,74	98,17	97,12
	<b>IC<sub>50</sub></b>				1,03	1,27	1,31	
	<b>Rata-rata IC<sub>50</sub> + Std. Deviasi</b>				1,20 ± 0,15			
	96%	Kontrol	0,40	0,40	0,40	-	-	-
		10	0,23	0,23	0,28	41,92	41,67	30,30
		20	0,13	0,13	0,15	66,92	67,17	62,63
		30	0,11	0,11	0,05	73,23	73,49	88,13
40		0,06	0,06	0,04	85,86	86,11	90,40	
50		0,02	0,02	0,03	94,95	94,70	93,18	
<b>IC<sub>50</sub></b>				1,19	1,19	1,51		
<b>Rata-rata IC<sub>50</sub> + Std. Deviasi</b>				1,31 ± 0,18				

## 6.5 Perhitungan IC<sub>50</sub> Vitamin C

### a. Vitamin C Menggunakan Etanol 70%

- Ulangan 1

$$y = 13,953x + 35,628$$

$$50 = 13,953x + 35,628$$

$$x = \frac{50-35,628}{13,953}$$

$$x = 1,02 \text{ ppm}$$

- Ulangan 2

$$y = 14,267x + 31,911$$

$$50 = 14,267x + 31,911$$

$$x = \frac{50-31,911}{14,267}$$

$$x = 1,27 \text{ ppm}$$

- Ulangan 3

$$y = 13,298x + 32,618$$

$$50 = 13,298x + 32,618$$

$$x = \frac{50-32,618}{13,298}$$

$$x = 1,31 \text{ ppm}$$

### b. Vitamin C Menggunakan Etanol 96%

- Ulangan 1

$$y = 12,5x + 35,076$$

$$50 = 12,5x + 35,076$$

$$x = \frac{50-35,076}{12,5}$$

$$x = 1,19 \text{ ppm}$$

- Ulangan 2

$$y = 12,5x + 35,126$$

$$50 = 12,5x + 35,126$$

$$x = \frac{50-35,126}{12,5}$$

$$x = 1,19 \text{ ppm}$$

- Ulangan 3

$$y = 15,354x + 26,869$$

$$50 = 15,354x + 26,869$$

$$x = \frac{50 - 26,869}{15,354}$$

$$x = 1,51 \text{ ppm}$$

### Lampiran 7. Tabel Hasil Uji SPSS

- Uji Normalitas

Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.
<b>Standardized Residual for Fenolik</b>	.943	12	.537
<b>Standardized Residual for IC<sub>50</sub></b>	.931	12	.386

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

- Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a,b</sup>					
		Levene	df1	df2	Sig.
		Statistic			
<b>Kadar Total Fenolik</b>	Based on Mean	1.284	3	8	.344
	Based on Median	.594	3	8	.636
	Based on Median and with adjusted df	.594	3	6.304	.640
	Based on trimmed mean	1.230	3	8	.361
<b>IC<sub>50</sub></b>	Based on Mean	1.050	3	8	.422
	Based on Median	.282	3	8	.837
	Based on Median and with adjusted df	.282	3	5.656	.837
	Based on trimmed mean	.968	3	8	.454

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Aktivitas Antioksidan and Kadar Total Fenolik

### 7.1 Uji *Two way* ANOVA

<b>Dependent Variable: Kadar Total Fenolik</b>					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	335.651 <sup>a</sup>	3	111.884	754.145	.000
Intercept	586.601	1	586.601	3953.946	.000
Pelarut	105.613	1	105.613	711.880	.000
Bekatul	178.950	1	178.950	1206.199	.000
Pelarut * Bekatul	51.088	1	51.088	344.356	.000
Error	1.187	8	.148		
Total	923.439	12			
Corrected Total	336.838	11			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .995)

<b>Dependent Variable: IC<sub>50</sub></b>					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7053.014 <sup>a</sup>	3	2351.005	330.349	.000
Intercept	15536.884	1	15536.884	2183.148	.000
Pelarut	2204.043	1	2204.043	309.699	.000
Bekatul	3783.946	1	3783.946	531.697	.000
Pelarut * Bekatul	1065.025	1	1065.025	149.651	.000
Error	56.934	8	7.117		
Total	22646.832	12			
Corrected Total	7109.948	11			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .989)

### 7.2 Uji Tukey

		Tukey HSD <sup>a,b</sup>				
Sample	N	Subset				
		1	2	3	4	
<b>Kadar Total Fenolik</b>	Putih 96%	6	2.2267 <sup>d</sup>			
	Putih 70%	6		4.0333 <sup>c</sup>		
	Merah 96%	6			5.8233 <sup>b</sup>	
	Merah 70%	6				15.8833 <sup>a</sup>
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = .148. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. b. Alpha = ,05.						
<b>IC<sub>50</sub></b>	Merah 70%	6	14.0933 <sup>a</sup>			
	Merah 96%	6		22.3567 <sup>b</sup>		
	Putih 70%	6			30.7667 <sup>c</sup>	
	Putih 96%	6				76.7133 <sup>d</sup>
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 7.117. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. b. Alpha = ,05.						

### 7.3 Uji Korelasi Kadar Total Fenolik dengan IC<sub>50</sub> Ekstrak Bekatul Menggunakan Etanol 70% & 96%

		Kadar Total Fenolik	IC <sub>50</sub>
<b>Kadar Total Fenolik</b>	Pearson Correlation	1	-.985 <sup>*</sup>
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	6	6
	Pearson Correlation	-.985 <sup>*</sup>	1
<b>IC<sub>50</sub></b>	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	6	6

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian

### 8.1 Preparasi Sampel



Pengayakan bekatul menggunakan ayakan 60 mesh



Stabilisasi bekatul menggunakan oven pada suhu 100 °C selama 15 menit

### 8.2 Ekstraksi Bekatul (*Oryza sativa* L.)



Ekstraksi bekatul 30 gram dalam pelarut etanol 180 mL menggunakan metode sonikasi selama 20 menit



Penyaringan ekstrak menggunakan corong buchner



Penguapan pelarut menggunakan *vacum rotary evaporator* pada suhu 45 °C



Hasil ekstrak etanol bekatul yang sudah pekat



Penimbangan vial sebelum dan sesudah berisi ekstrak

### 8.3 Uji Kadar Total Fenolik Ekstrak Etanol Bekatul



Penambahan reagen *Folin-Ciocalteu*  
dalam larutan asam galat



Penambahan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%

### 10.4 Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Bekatul (*Oryza sativa* L.)



Larutan kontrol



Larutan sampel uji  
aktivitas antioksidan