

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK BEKATUL (*Oryza sativa L.*)
MENGUNAKAN *NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENT* DENGAN
METODE SONIKASI**

SKRIPSI

**Oleh:
MAKHZAN FAIDIL ILMI
NIM. 19630062**



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

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK BEKATUL (*Oryza sativa L.*)
MENGUNAKAN *NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENT* DENGAN
METODE SONIKASI**

SKRIPSI

**Oleh:
MAKHZAN FAIDIL ILMI
NIM. 19630062**

**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**

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK BEKATUL (*Oryza sativa* L.)
MENGUNAKAN NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENT DENGAN
METODE SONIKASI**

SKRIPSI

**Oleh:
MAKHZAN FAIDIL ILMI
NIM. 19630062**

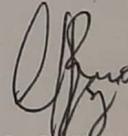
**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal : 21 Desember 2023**

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si
NIP. 19831226 2019203 2 008**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**



**Rachmawati Hugsih, M.Si
NIP. 1981051200801 2 010**

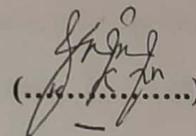
**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK BEKATUL (*Oryza sativa* L.)
MENGUNAKAN NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENT DENGAN
METODE SONIKASI**

SKRIPSI

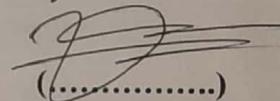
Oleh:
MAKHZAN FAIDIL ILMU
NIM. 19630062

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 21 Desember 2023

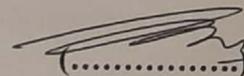
Penguji Utama : Dr. Anik Maunatin, S.T., M.P
NIDT. 19760105 20180201 2 248


(.....)

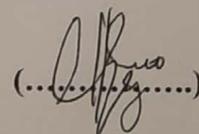
Ketua Penguji : Vina Nurul Istighfarini, M.Si
LB. 63025


(.....)

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


(.....)

Anggota Penguji : Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si
NIP. 19831226 2019203 2 008


(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang


Rachmawati Mangsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Makhzan Faidil Ilmi
NIM : 19630062
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul (*Oryza sativa*
L.) Menggunakan Natural Deep Eutectic Solvent dengan
Metode Sonikasi

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

Malang, 19 Desember 2023
Yang membuat pernyataan,




Makhzan Faidil Ilmi
NIM. 19630062

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan tunjukan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan inayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “**Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul (*Oryza sativa L.*) Menggunakan *Natural Deep Eutectic Solvent* dengan Metode Sonikasi**” ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya. Shalawat dan salam akan selalu penulis tunjukan kepada Nabi besar Muhammad Saw, yang telah mengikuti ajarannya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta. Penulis ucapkan juga terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Akyunul Jannah, ,S.Si,M.P, selaku dosen pembimbing penelitian yang sudah meluangkan waktu dan tenaganya selama penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si, selaku dosen pembimbing agama dalam penulisan skripsi ini.
5. Seluruh laboran jurusan kimia Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberi banyak masukan dalam penelitian ini.
6. Seluruh teman seperjuangan yang telah memberikan semangat dan dorongan kepada penulis dalam prose penyusunan ini

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk masyarakat. Amin Ya Robbal'alamiin.

Malang, 29 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
نبذة مختصر	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tumbuhan dalam Perspektif Islam	6
2.2 Bekatul	7
2.3 Kandungan dan Manfaat Bekatul.....	8
2.4 <i>Natural Deep Eutectic Solvent</i> (NADES).....	9
2.4.1 Glukosa	11
2.4.2 Asam Malat	12
2.5 Ekstraksi dengan Metode Sonikasi	13
2.6 Uji Aktivitas Antioksidan menggunakan DPPH.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan	18
3.3 Rancangan Penelitian.....	18
3.4 Tahapan Penelitian.....	19
3.5 Prosedur Penelitian	19

3.5.1 Preparasi Sampel.....	19
3.5.2 Pembuatan <i>Natural Deep Eutetic Solvents</i> (NADES)	20
3.5.3 Ekstraksi Bekatul dengan Metode Sonikasi.....	20
3.5.4 Uji Aktivitas Antioksidan menggunakan Metode DPPH.....	21
3.5.5 Analisis Data.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Preparasi Sampel.....	23
4.2 Ekstraksi Senyawa Aktif Bekatul Menggunakan Pelarut NADES Dengan Metode Sonikasi.....	24
4.3 Uji Aktivitas Antioksidan Dengan Metode DPPH.....	27
4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	27
4.3.2 Pengaruh Suhu dan Lama Ekstraksi Terhadap Antioksidan Bekatul.....	27
4.4 Manfaat Bekatul Menurut Pandangan Islam.....	30
BAB V PENUTUP.....	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-bagian biji padi.....	6
Gambar 2.2 Struktur kimia glukosa.....	13
Gambar 2.3 Struktur kimia asam malat.....	14
Gambar 2.4 Reaksi antioksidan dengan radikal DPPH.....	16
Gambar 4.1 Sampel bekatul setelah preparasi.....	23
Gambar 4.2 pelarut NADES bening.....	25
Gambar 4.3 Spektra UV-Vis larutan DPPH 0,2 mM	27
Gambar 4.4 Grafik aktivitas antioksidan ekstrak bekatul dengan pelarut NADES	28

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Natural ILs dan DES.....	10
Tabel 2.2 Sifat Fisika Glukosa.....	12
Tabel 2.3 Sifat Fisika Asam Malat.....	13
Tabel 3.1 Kombinasi perlakuan lama ekstraksi dan suhu ekstraksi.....	19
Tabel 4.1 Rendemen ekstrak bekatul beras putih dengan sonikasi	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tahap Penelitian.....	39
Lampiran 2 Diagram Penelitian.....	40
Lampiran 3 Perhitungan.....	42
Lampiran 4 Data Minitab.....	49
Lampiran 5 Spektra UV-Vis larutan DPPH 0.2 mM.....	51
Lampiran 6 Dokumentasi.....	51

ABSTRAK

Ilmi, Makhzan Faidil. 2023. **Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul (*Oryza sativa L.*) Menggunakan *Natural Deep Eutectic Solvent* dengan Metode Sonikasi**. Skripsi. 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: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si.

Kata Kunci : *Bekatul, NADES, DPPH, antioksidan*

Bekatul adalah salah satu hasil samping dari penggilingan padi. Senyawa fenolik yang terkandung di dalam bekatul berpotensi sebagai antioksidan yang dibutuhkan manusia. NADES adalah campuran dari komponen-komponen alam yang memiliki titik leleh terendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama ekstraksi bekatul beras putih dengan menggunakan *Natural Deep Eutectic Solvents* (NADES) terhadap aktivitas antioksidan bekatul yang diekstraksi dengan metode sonikasi. Metode penelitian menggunakan rancangan acak kelompok. Ekstraksi senyawa bioaktif bekatul beras putih dengan metode sonikasi menggunakan NADES dengan variasi suhu 30°C dan 40°C dan lama ekstraksi 60 menit dan 90 menit. Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH menggunakan instrumen spektrofotometri UV-Vis. Hasil penelitian ini menunjukkan aktivitas antioksidan terbaik sebesar 96,47% pada suhu 40°C dan waktu ekstraksi 90 menit.

ABSTRACT

Ilmi, Makhzan Faidil. 2023. **Antioxidant Activity Test of Bran Extract (*Oryza sativa L.*) Using *Natural Deep Eutectic Solvent* with Sonication Method.** Skripsi. Chemistry Study Program, Science and Technology Faculty, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P., supervisor II: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si.

Keywords: *Rice bran, NADES, DPPH, Antioxidant*

Rice bran is a by-product of rice milling. The phenolic compounds contained in rice bran have the potential to act as antioxidants that humans need. NADES is a mixture of natural components that have the lowest melting point. The purpose of this study was to determine the effect of temperature and extraction time of white rice bran using *Natural Deep Eutectic Solvents* (NADES) on the antioxidant activity of rice bran extracted by sonication method. The research method used a group randomized design. Extraction of white rice bran bioactive compounds by sonication method using NADES solvent with temperature variations of 30°C and 40°C and extraction time of 60 minutes and 90 minutes. Test antioxidant activity using the DPPH method using a UV-Vis spectrophotometry instrument. The results of this research show the best antioxidant activity of 96.47% at a temperature of 40°C and an extraction time of 90 minutes.

نبذة مختصر

المي، ماخزان فايديل 2023. اختبار النشاط المضاد للأكسدة لمستخلص النخالة (*Oryza sativa* L). باستخدام المذيبات الطبيعية العميقة سهلة الانصهار مع طريقة صوتية. أطروحة برنامج دراسة الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. أكيونول جنة، إس إس آي، إم بي، المشرف الثاني: ليلىك مفتاح خيروه، إم إس.

كايووردس: ريس بران، ناس، ديف، انشكسيدانت

ريس بران إس ا بي-برودوكت اوف ريس ميلينغ. ذ فنوليك كومونديس كونتايند ان ريس بران هاف ذ بوتنتيال تو اکت اس انشكسيدانتس ذات هومانس نيد. ذ يوربوس اوف ذيس ستودي واس تو دترمين ذ افکت اوف تمبراتور اند اکستراکشن تيم اوف وهيت ريس بران اسينغ ناتورال ديب اوتکتیک سولفنتس (ناس) اون ذ انشكسيدانت اکتيفيتي اوف ريس بران اکستراکشن بي سونیکاشن مذود. ذ رسيرتش مذود اسد ا کومبلتلي راندوميزد دسيجن. اکستراکشن اوف وهيت ريس بران بيواکتيف كومونديس بي سونیکاشن مذود اسينغ ناس سولفنت ويذ تمبراتور فاريشنس اوف 30 اند 40 اند اکستراکشن تيم اوف 60 مينوتس اند 90 مينوتس. تست انشكسيدانت اکتيفيتي اسينغ ذ ديف مذود اسينغ ا اف-فيس سيکروفوتومتري انسترومنت. ذ رسولتس اوف ذيس رسيرتش شوو ذ بست انشكسيدانت اکتيفيتي اوف 96.47% ات ا تمبراتور اوف 40 اند ان اکستراکشن تيم اوف 90 مينوتس.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara yang memproduksi padi terbanyak setelah Vietnam. Menurut Badan Statistik (2021) pada tahun 2021 produksi padi mengalami peningkatan sebanyak 1,14% dibandingkan tahun sebelumnya yakni sebesar 55,27 juta ton GKG dari sebelumnya 54,65 juta ton GKG. Di Jawa Timur produksi padi pada tahun 2021 mencapai angka 9,789 juta ton GKG. Pada septemer 2022 mencapai angka 8,17 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) yang diperkirakan akan terus naik hingga akhir tahun nanti. Salah satu hasil samping padi adalah bekatul, dimana dalam satu penggilingan padi akan menghasilkan 8-12% bekatul atau dalam satu ton padi menghasilkan 60-80 kg bekatul (Utami, 2009). Cahyanie (2008) melaporkan bahwa langkah penggilingan padi hingga menjadi beras akan memperoleh hasil samping yaitu: (1) menir (3%), yaitu beras yang hancur, (2) sekam (15-20%), merupakan bagian kulit luar dan (3) bekatul (8-12%), yang dihasilkan dari penyosohan, merupakan bagian kulit ari. Hal tersebut menunjukkan Allah menciptakan segala sesuatu dengan tujuannya masing-masing. Firman Allah Swt dalam Al-Qur'an pada surat Ali Imran ayat 190—191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا

وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ

فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.

Surat Ali Imran ayat 190-191 pada Tafsir Al-Qur'an Al-Aishar menjelaskan bahwa sifat-sifat orang berakal yang selalu mau berfikir dalam setiap situasi tentang kebesaran Allah Swt terhadap semua yang ada di langit dan di bumi. Allah menciptakan sesuatu pasti memiliki tujuannya masing-masing. Allah Swt memuliakan orang-orang yang senantiasa mengingat dan menyukuri penciptanNya (Al-Jazair, 2009). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan bekatul sebagai hasil samping dari penggilingan padi sebagai produk yang akan memberi nilai ekonomis bagi semua masyarakat.

Berbagai hasil penelitian telah menunjukkan bahwa bekatul mempunyai nilai gizi tinggi, mengandung senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai antioksidan yang bermanfaat dalam berbagai pencegahan penyakit termasuk penuaan dini. Senyawa antioksidan berfungsi menangkal radikal bebas dalam tubuh (Nasir dkk, 2009). Widarta (2013) melaporkan tentang ekstraksi komponen bioaktif menyatakan bahwa hasil aktivitas antioksidan bekatul sebesar 49,14%. Pemilihan metode ekstraksi sangat penting untuk mendapatkan hasil ekstrak yang baik.

Ekstraksi metode sonikasi menggunakan gelombang akustik dengan frekuensi 16-20 kHz. Salah satu kelebihan metode ekstraksi sonikasi adalah proses ekstraksi yang lebih cepat dibandingkan dengan ekstraksi termal atau ekstraksi konvensional, Metode sonikasi ini lebih aman, singkat, dan meningkatkan jumlah rendemen kasar. Ekstraksi sonikasi juga dapat menurunkan suhu operasi pada ekstrak yang tidak tahan panas, sehingga cocok untuk diterapkan pada ekstraksi

senyawa bioaktif tidak tahan panas (Zou dkk, 2014). Ulfa (2016) melaporkan tentang ekstraksi maserasi bekatul beras putih menggunakan pelarut organik etanol dan kloroform menyatakan bahwa hasil aktivitas antioksidan bekatul 61,17% dengan nilai IC_{50} 437 mg/L dan 38,19% dengan nilai IC_{50} 1053 mg/L. Zaitun (2021) menggunakan metode ekstraksi sonikasi dengan sampel bekatul putih 40 gram dengan pelarut etanol 96% 160 mL menghasilkan aktivitas antioksidan lebih tinggi yaitu 73%.

Pelarut organik banyak digunakan dalam proses ekstraksi. Akan tetapi, penggunaan pelarut organik berbahaya bagi kesehatan. Sifatnya yang mudah menguap dan kurang polar akan mudah memasuki tubuh melalui inhalasi maupun penyerapan kulit. Di samping itu pelarut organik juga tidak ramah lingkungan karena *non-biodegradable*, sulit didaur ulang, dan juga pembuangannya mahal. Salah satu alternatif pelarut yang ramah lingkungan adalah *Natural Deep Eutectic Solvent* (NADES). Dibandingkan pelarut organik tradisional, NADES memiliki kelebihan karena tidak bersifat volatil dan tidak mudah terbakar, sehingga penyimpanannya lebih mudah. NADES memiliki titik leleh yang lebih rendah dibandingkan masing-masing komponen penyusunnya (Abbot, 2004)

Santos *et al.*, (2022) melaporkan bahwa aktivitas antioksidan bekatul merah dan bekatul hitam pada suhu ekstraksi 40°C selama 25 menit dengan pelarut NADES diperoleh nilai IC_{50} pada bekatul beras hitam dan beras merah sebesar 0,18 mg/mL dan 0,36 mg/mL. Penambahan aquades pada NADES memiliki efek signifikan pada ekstraksi komponen tertentu dalam sampel tumbuhan. Ahmad (2020) melaporkan bahwa NADES berbasis asam malat:glukosa:aquades mampu mengekstraksi senyawa polifenol dalam daun kadamba.

Aktivitas antioksidan diidentifikasi dengan metode DPPH. DPPH ialah radikal bebaas dan jika direaksikan dengan senyawa antioksidant, maka akan terjadi reaksi penangkapan radikal bebas DPPH yang diubah menjadi DPPH-H (Yen dan Chen, 1995). Kelebihan metode DPPH adalah cepat dalam *screening* aktivitas penangkap radikal (Hanani, 2010).

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi suhu dan lama ekstraksi sonikasi dengan menggunakan *Natural Deep Eutectic Solvents* (NADES) terhadap aktivitas antioksidan bekatul beras putih.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh *Natural Deep Eutectic Solvents* dengan perbedaan suhu dan lama ekstraksi terhadap aktivitas antioksidan bekatul beras putih yang diekstraksi menggunakan metode sonikasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh *Natural Deep Eutectic Solvents* dengan perbedaan suhu dan lama ekstraksi terhadap aktivitas antioksidan bekatul beras putih yang diekstraksi menggunakan metode sonikasi.

1.4 Batasan Masalah

1. Bekatul beras putih yang digunakan dari U.D Salep Padi Raja Kumbang.
2. Ekstraksi menggunakan metode sonikasi.
3. Campuran NADES yang digunakan adalah asam malat, glukosa, dan aquades dengan perbandingan mol 1:1:18.
4. Uji antioksidan menggunakan metode DPPH.

1.5 Manfaat Penelitian

Dapat memberikan laporan mengenai NADES sebagai *green solvent* yang ramah lingkungan yang digunakan untuk mengekstrak senyawa antioksidan yang memiliki aktivitas tertinggi pada ekstrak bekatul.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tumbuhan dalam Perspektif Islam

Tumbuhan adalah benda hidup yang tumbuh mulai dari batang, daun dan akar. Tumbuhan didalamnya banyak senyawa yang bermanfaat untuk kebutuhan manusia. Allah Swt telah memberikan banyak petunjuk dalam pemanfaatan tumbuhan didalam Al-qur'an salah satunya terdapat pada surat Thaha ayat 53 yaitu:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَوَسَّلَ لَكُم فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن

نَبَاتٍ شَتَّى ﴿٥٣﴾

Artinya: (Dialah Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan dan meratakan jalan-jalan di atasnya bagimu serta menurunkan air (hujan) dari langit." Kemudian, Kami menumbuhkan dengannya (air hujan itu) beraneka macam tumbuh-tumbuhan.

Tumbuhan yang bermanfaat adalah tumbuhan yang baik (Shihab, 2002). Pada ayat tersebut di tafsir al Misbah menurut Shihab (2002), bahwa bermacam tumbuhan dengan bermacam rasa serta wujud merupakan amat ciptaan yang luar biasa yang menampilkan keagungan penciptanya. Allah menciptakan tiap tipe tanaman guna kepentingan manusia, termasuk selaku sumber pangan, serta hasilnya bisa dipilih buat memenuhi kebutuhan manusia. Sumber pangan merupakan salah satu contoh manfaat tumbuhan yang dapat dimanfaatkan bagi manusia. Sebagai mana firman Allah Swt pada surat QS Ar-Rahman ayat 11-13:

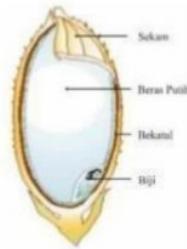
فِيهَا فَاكِهَةٌ وَالنَّخْلُ ذَاتُ الْأَكْمَامِ ﴿١١﴾ وَالْحَبُّ ذُو الْعَصْفِ وَالرَّيْحَانُ ﴿١٢﴾ فَبِأَيِّ آيَةٍ رَبِّكُمْ تَكْفُرُونَ ﴿١٣﴾

Artinya: Padanya terdapat buah-buahan dan pohon kurma yang mempunyai kelopak mayang, biji-bijian yang berkulit, dan bunga-bunga yang harum baunya. Maka, nikmat Tuhanmu manakah yang kamu dustakan (wahai jin dan manusia)?.

Dalam surat Ar-Rahman ayat 11-13 dijelaskan bahwa banyaknya nikmat Allah Swt yang bermacam-macam seperti biji-bijian, buah-buahan, dan pohon kurma yang terdapat di bumi. Sebagai manusia dianjurkan mengkaji, mempelajari dan memikirkan apa yang telah Allah Swt ciptakan. Kata "والحب" atau dalam tafsir Al-Qur'an Hidayatul Insan dijelaskan bahwa "biji-bijian yang berkulit" dimaksudkan dalam tafsir tersebut yaitu gandum, beras dan sebagainya atau dalam kata "والريحان" adalah semua rezeki yang dimakan manusia. Maka nikmat Tuhan yang manakah yang kamu dustakan? Tuhan membuat ciptaanya agar mengakui akan firman-firmanNya. Salah satu bentuknya adalah melakukan penelitian untuk mencari obat dari bahan-bahan alam, seperti misalnya bekatul.

2.2 Bekatul

Bekatul adalah produk samping dari penggilingan padi atau penumbukan gabah, terdiri atas lapisan sebelah luar padi dengan endosperma beras. Sementara bekatul (*polish*) merupakan lapisan sebelah dalam dari butiran padi atau lapisan yang menyelimuti endosperma (Astawan, 2009). Cahyannie (2008) menyatakan bahwa bekatul yang dihasilkan pada proses penggilingan padi adalah 8-12% dari jumlah total padi. Produk samping lainnya yaitu sekam (15-20 %) dan menir 3%.



Gambar 2.1 Bagian-Bagian Biji Padi (BB Pascapanen, 2007)

Biji padi terdapat dua bagian yaitu sekam dan beras, yang dapat dipisahkan dengan menggunakan proses penyosohan. Penyosohan dilakukan melalui dua tahap yaitu, pertama membuat dedak kasar karena masih terdapat sekam, kedua membuat dedak halus dan tidak terdapat sekam (Aulian, 2011).

2.3 Kandungan dan Manfaat Bekatul

Bekatul mengandung karbohidrat 51-55 g/100 g dan vitamin B dari golongan pirodoxin, niasin, riboflavin, dan tiamin. Asam amino lisin dalam bekatul lebih tinggi daripada beras (Astawan, 2009). Chen dan Bergman (2005) menyatakan bahwa bekatul memiliki komponen bioaktif seperti *tocopherol*, *tocotrienol*, *phytosterol*, *oryzanol*, *polyphenol* dan *squalene*. Selain itu, bekatul juga mengandung aktivitas antioksidan alami, terutama fraksi γ -oryzanol. Minyak bekatul mengandung 1,5-2,0% γ -oryzanol dari fraksi yang tidak tersabunkan yang merupakan ester ferulat. γ -oryzanol tersusun dari tiga komponen, yaitu *compesteryl ferulate*, *24-methylenecycloartenyl ferulat* dan *cycloartenyl ferulet*. (Ovani, 2013; Anonimous, 2007).

Bekatul banyak dimanfaatkan sebagai bahan minuman maupun makanan. Dalam bidang kesehatan, bekatul kerap digunakan untuk menurunkan kolestrol dalam darah, kanker, menghambat waktu menopause, serta pencegahan penyakit

kardiovaskular. Lemak tidak jenuh yang tinggi yang terkandung dalam bekatul aman dimakan oleh orang yang mempunyai penyakit jantung dan penderita kolestrol. Oleh sebab itu, bekatul bisa digunakan sebagai suplemen pangan untuk menjaga kesehatan manusia (Cahyanine dkk, 2008 ; Ovani, 2013).

2.4 *Natural Deep Eutectic Solvent (NADES)*

Eutektik adalah campuran dari dua komponen yang memiliki titik leleh terendah. Campuran eutektik didefinisikan sebagai campuran dari dua komponen yang biasanya tidak berinteraksi pada perbandingan mol tertentu dan mampu menghambat proses kristalisasi satu sama lain sehingga menghasilkan sebuah sistem yang memiliki titik leleh yang lebih rendah dari komponen individunya.

Campuran metabolit primer seperti gula, gula alkohol, poli-alkohol, basa organik, asam organik, dan asam amino dapat membentuk DES dan disebut sebagai *Natural Deep Eutectic Solvent (NADES)* (Choi *et al.*, 2011). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, NADES dibagi dalam tipe-tipe sebagai berikut (Dai *et al.*, 2013): (1) cairan ionik, terdiri dari asam-asam organik (asam sitrat, asam maleat, asam laktat) dan senyawa-senyawa basa (*choline chloride*, dan *betaine*); (2) NADES netral, tidak ada konstituen ionik, seperti campuran *polyalcohols* (gliserol, glisin, 1-2-propandiol); (3) NADES yang bersifat asam, terdiri dari senyawa-senyawa netral (glukosa, fruktosa, sukrosa, maltosa, *trehalose*) dan senyawa-senyawa asam; (4) NADES yang bersifat basa, yang terdiri dari senyawa-senyawa netral dan senyawa-senyawa basa, dan (5) NADES yang bersifat amfoter, kombinasi dari asam amino (*α -Proline*, *β -Alanine*) dan gula, *polyalcohol*, atau senyawa-senyawa asam. Keuntungannya adalah harga yang murah, tidak beracun, biodegradable dan tidak mudah terbakar. NADES dapat

melarutkan berbagai macam solute seperti garam, senyawa organik polar, metal oksida, asam amino, enzim dan surfaktan (Abbott dkk, 2003; Abbot dkk, 2004).

Tabel 2.1 Daftar Natural ILs dan DES (Choi *et al.*, 2011)

Kombinasi	Molar Rasio
Asam sitrat: <i>choline chloride</i>	1:2, 1:3
Asam malat: <i>choline chloride</i>	1:1, 1:2, 1:3
<i>Aconitic acid:choline chloride</i>	1:1
Glisin: <i>choline chloride</i> :air	1:1:1
Fruktosa: <i>choline chloride</i> :air	1:1:1
Sukrosa: <i>choline chloride</i> : air	1:1:1
Asam sitrat:Proline	1:1, 1:2, 1:3
Asam malat:Glisin	1:1
Asam malat:Fruktosa	1:1
Asam malat:Sukrosa	1:1
Asam sitrat:Glisin	2:1
Asam sitrat: <i>trihalose</i>	2:1
Asam sitrat:Sukrosa	1:1
Asam maleat:Glisin	4:1
Asam maleat:Sukrosa	1:1
Glisine:Fruktosa	1:1
Fruktosa:Sukrosa	1:1
Glisine:Sukrosa	1:1
Sukrosa:Glisin:Fruktosa	1:1:1

Campuran larutan liquida yang dihasilkan terbentuk menjadi NADES apabila setelah disimpan selama (3 hari) tetap berupa liquida yang bening/transparan, tidak terbentuk endapan, ataupun terbentuk kristal dan stabil dalam waktu tertentu (3-7 hari). NADES dikatakan gagal apabila dalam waktu tertentu campuran liquida tidak larut sempurna/tidak dapat larut, terdapat endapan ataupun terbentuk kristal. Perbedaan mol ratio dari komponen-komponen pembentuk NADES, dapat mempengaruhi stabilitas NADES. Untuk memperoleh kestabilan dari NADES maka dilakukan percobaan dengan mengubah rasio molar dari air, peningkatan rasio molar air dilakukan dengan cara penambahan/pengenceran NADES.

NADES dapat terbentuk karena adanya ikatan hidrogen antar molekul dari komponen-komponen pembentuknya. Penambahan jumlah air ataupun pengenceran terhadap NADES akan menimbulkan perubahan drastis dari struktur NADES, kemungkinan besar karena putusnya ikatan hidrogen yang terbentuk (Choi *et al.*, 2011; Dai *et al.*, 2013, Dai *et al.*, 2013a). Semakin besar kandungan air dalam NADES maka viskositas/kekentalan NADES akan berkurang sehingga kontak/penetrasi pelarut kedalam matrik tanaman (serbuk Curcuma mangga) semakin baik. Tingginya viskositas dari NADES menimbulkan kesulitan dalam praktek ekstraksi, yaitu akibat rendahnya *mass-transfer* pelarutan/ekstraksi senyawa target kedalam badan liquid pelarut/solvent (Dai *et al.*, 2015).

Secara umum, semua NADES memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan dengan densitas air (1 g/mL). Terlihat bahwa semakin besar kandungan air di dalam NADES, maka densitas NADES akan semakin menurun. Selain itu, NADES memiliki sifat yang sangat kental (viskositas tinggi), walaupun tetap berupa liquid pada suhu ruang (30°C) dan bahkan pada suhu rendah (18°C). Hal tersebut menunjukkan bahwa NADES berbentuk liquid kristal dan akan tetap berada pada bentuk liquid pada rentang suhu yang lebar, hingga -100°C NADES dilaporkan tetap berbentuk liquid dan terdekomposisi pada >200°C (Dai *et al.*, 2013). Viskositas NADES menurun dengan peningkatan suhu, dan menurun secara signifikan dengan penambahan air. Sebaliknya, viskositas NADES akan meningkat dengan turunnya suhu penyimpanan.

2.4.1 Glukosa

Glukosa sebagai suatu gula monosakarida merupakan salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga bagi hewan dan tumbuhan.

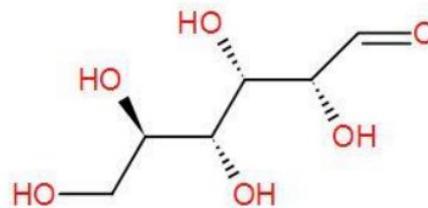
Glukosa merupakan salah satu hasil utama fotosintesis dan awal bagi respirasi. Bentuk alami (D-glukosa) disebut juga dekstroza, terutama pada industri pangan (murray, 2003).

Tabel 2.2 Sifat Fisika Glukosa

Sifat Fisika	
Rumus molekul	$C_6H_{12}O_6$
Berat molekul	180,16 g/mol
Penampilan	Bubuk putih
Densitas	1.54g/cm ³
Titik leleh	146 °C
Kelarutan dalam air	909 g/1 L (25 °C (77 °F))

Glukosa memiliki nama IUPAC *2,3,4,5,6-pentahydroxyhexanal*.

Berdasarkan aplikasi Marvin Sketch glukosa memiliki nilai log P -2.93. Glukosa tidak memiliki aroma, berbentuk larutan, tetapi lebih kental dibandingkan air, dan larut dalam air. Glukosa sendiri memiliki 6 HBA dan 5 HBD (NCBI, 2022).



Gambar 2.2 Struktur Kimia Glukosa

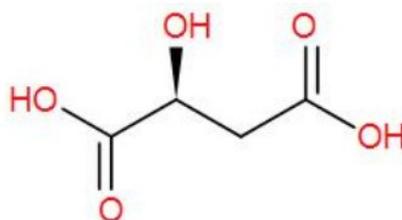
2.4.2 Asam Malat

Asam malat merupakan asam suksinat yang mana salah satu hidrogen melekat pada karbon yang digantikan oleh gugus hidroksi. Asam malat seringkali digunakan sebagai pengontrol keasaman pada makanan dan metabolit yang sangat penting.

Tabel 2.3 Sifat Fisika Asam Malat

Sifat Fisika	
Rumus molekul	C ₄ H ₆ O ₅
Berat molekul	134,0874 g/mol
Penampilan	Bubuk putih
Densitas	1.61g/cm ³
Titik leleh	133 °C
Kelarutan dalam air	558 g/1 L (25 °C (77 °F))

Asam malat memiliki nama IUPAC *2-hydroxybutanedioic acid* dengan rumus kimia C₄H₆O₅. Berdasarkan aplikasi Marvin Sketch asam malat memiliki nilai log P -1,11. Asam malat berbentuk kristal yang tidak berwarna, dapat berbentuk serbuk maupun larutan, dan memiliki rasa asam. Asam malat sangat larut dalam metanol, etanol, aseton, eter, dan pelarut polar lainnya.. Asam malat sendiri memiliki 5 HBA dan 3 HBD (NCBI, 2022).



Gambar 2.3 Struktur Kimia Asam Malat

2.5 Ekstraksi dengan Metode Sonikasi

Metode ekstraksi sonikasi menggunakan gelombang ultrasonik selama proses reaksi kimia. Gelombang ultrasonik mempunyai frekuensi ≥ 20 kHz di atas pendengaran manusia. Gelombang merambat lewat media gas, cair, dan padat selama proses ekstraksi ultrasonik (Trisnobudi dkk, 2012). Pada saat ditambahkan ke media cair, gelombang getaran ultrasonik menimbulkan gelembung kavitasi menimpa dinding sel (Budiastra dkk, 2017; Candani dkk, 2019). Setelah itu dinding

sel bahan dipecah oleh getaran gelombang ultrasonik sehingga senyawa dari dalam bahan keluar (Mason, 1990).

Memilih metode ekstraksi yang tepat sangat penting untuk hasil ekstraksi yang menggambarkan tingkat kesuksesan metode tersebut. Metode konvensional mempunyai kekurangan yaitu membutuhkan pelarut yang banyak dan waktu ekstraksi yang lama. Metode sonikasi memiliki kelebihan yaitu mempercepat waktu proses ekstraksi, dibandingkan dengan ekstraksi konvensional atau ekstraksi termal, metode sonikasi ini lebih aman, meningkatkan jumlah rendemen kasar dan lebih singkat. Pada proses ekstraksi dipengaruhi pelarut, metode, suhu, dan lama waktu ekstraksi yang mempengaruhi konsentrasi dan kualitas ekstrak yang dihasilkan. Metode sonikasi juga bisa menurunkan suhu operasi pada ekstrak yang tidak tahan panas, sehingga cocok untuk diterapkan pada ekstraksi senyawa bioaktif tidak tahan panas (Handayani, ddk., 2016)

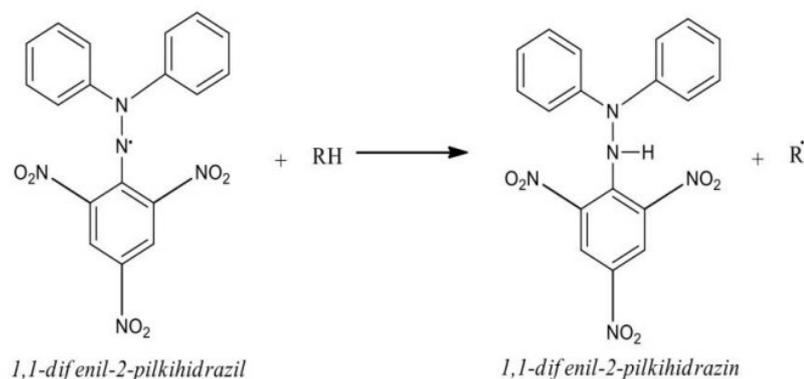
Suhu yang tinggi dapat meningkatkan nilai dari rendemen karena suhu tinggi mengakibatkan kerusakan pada dinding sel. Sehingga dinding sel akan dengan mudah ditembus oleh minyak sehingga minyak dengan mudah keluar dan kadar minyak terekstraksi meningkat (Fuadi, 2012; Widayat dkk, 2012). Pada penelitian Listyadevi (2019) melaporkan bahwa ekstraksi minyak bekatul dengan ultrasonik pada suhu 40°C, 50°C, dan 60°C selama 60 menit menghasilkan rendemen minyak bekatul tertinggi pada suhu 60°C dan aktivitas antioksidan tertinggi pada ekstraksi suhu 40°C selama 15 menit. Suhu ekstraksi penting untuk diperhatikan karena jika suhu ekstraksi terlalu tinggi menyebabkan terjadinya oksidasi sehingga senyawa penting bekatul akan hilang. Akan tetapi, jika suhu terlalu rendah akan komponen bioaktif tidak terekstrak secara maksimal (Permana dkk, 2017).

Lama ekstraksi sangat berpengaruh terhadap senyawa yang akan didapat. Menurut Budiyanto dan Yulianingsih (2008) lama ekstraksi yang optimal akan menghasilkan senyawa yang bagus. Waktu ekstraksi yang terlalu lama akan mengakibatkan ekstrak terhidrolisis, sedangkan lama ekstraksi yang terlalu cepat mengakibatkan tidak semua senyawa aktif tereskrak dari bahan. Oleh karena itu, perlu ditentukan lama ekstraksi yang optimal untuk ekstrak agar dihasilkan ekstrak dengan aktivitas antioksidan tertinggi.

2.6 Uji Aktivitas Antioksidan menggunakan DPPH

Antioksidan adalah senyawa donor elektron atau reduktan. Senyawa antioksidan mempunyai berat molekul yang kecil tapi mampu menginaktivasi berkembangnya oksidasi dengan mencegah terbentuknya radikal. Senyawa antioksidan juga mampu menghambat reaksi oksidasi, dengan cara mengikat molekul dan radikal bebas yang sangat reaktif (Winarsi, 2007).

Senyawa DPPH adalah radikal bebas sintetik berwarna ungu. Prinsip kerja metode DPPH adalah adanya atom hidrogen dari senyawa antioksidan yang berikatan dengan elektron bebas pada senyawa radikal akan menyebabkan perubahan dari radikal bebas (diphenylpicrylhydrazyl) menjadi senyawa non radikal (diphenylpicrylhydrazine) yang ditandai dengan perubahan warna dari ungu menjadi kuning (senyawa radikal bebas tereduksi oleh adanya antioksidan) (Setiawan, Yunita dan Kurniawan, 2018). Senyawa DPPH menunjukkan serapan yang kuat pada λ 517 nm. Kelebihan metode DPPH adalah apeka, cepat, mudah serta hanya perlu sample yang tidak terlalu banyak. Reaksi antioksidan dengan radikal DPPH dapat dilihat pada gambar 2.3 :



Gambar 2.4 Reaksi Antioksidan Dengan Radikal DPPH (Sayuti & Yenrina, 2015)

Adanya perubahan warna yang semula berwarna violet berubah menjadi warna kuning yang terjadi pada radikal DPPH disebabkan adanya senyawa antioksidan yang mendonorkan atom hidrogen terhadap radikal DPPH (1,1-difenil-2-pikrihidrazil) dan terjadi proses reduksi menghasilkan molekul DPPH-H (1,1-difenil-2-pikrihidrazin) yang merupakan molekul stabil (Khairunnisa, 2021). Perubahan warna tersebut sebanding dengan jumlah elektron yang diambil (Sayuti & Yenrina, 2015). Aktivitas penangkapan radikal bebas dapat dinyatakan dengan satuan persen (%) aktivitas antioksidan dengan persamaan sebagai berikut (Molyneux, 2003):

$$\% \text{ Aktivitas Antioksidan} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan: A_0 = Absorbansi kontrol

A_1 = Absorbansi sampel

Aktivitas antioksidan dengan nilai 0% menunjukkan sampel tersebut tidak memiliki aktivitas antioksidan, sedangkan nilai 100% menunjukkan pengujian aktivitas antioksidan perlu dilakukan pengenceran untuk mengetahui batas konsentrasi aktivitasnya. sample dapat dikatakan aktif sebagai antioksidan jika presentase aktivitas antioksidan $\geq 50\%$ (Permata, Dkk., 2009).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan maret 2023. Laboratorium Riset Biokimia dan Bioteknologi Prodi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Neraca analitik, gelas arloji, sepatula, ayakan 60 mesh, beaker glass 500 mL dan 250 mL, alumunium voil, oven, gelas ukur 100 mL, magnetic stirer, wadah untuk larutan, erlenmeyer 100 mL, *sonicator water bath*, *freeze dryer*, corong buncher, kertas saring, labu alas bulat, glass vial, pipet tetes, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 5 mL, spektrofotometer UV-Vis, kuvet, tabung reaksi, rak tabung reaksi.

3.2.2 Bahan

Bekatul (diperoleh dari U.D Selep Padi Raja Kumbang), asam malat, glukosa, aquades, DPPH 0,2 mM, metanol.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun secara faktorial yang dirancang dengan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama suhu ekstraksi (T) yang terdiri atas 3 variasi yakni 30°C dan 40°C. Sedangkan faktor kedua adalah lama ekstraksi (S) yang terdiri atas 2 variasi yakni 60 menit dan 90 menit. Kombinasi perlakuan suhu ekstraksi dan lama ekstraksi dapat dinyatakan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Lama Ekstraksi Dan Suhu Ekstraksi

Suhu (T)	Lama Ekstraksi (S)	
	S1 (60 menit)	S2 (90 menit)
T1 (30°C)	T1S1	T1S2
T2 (40°C)	T2S1	T2S2

Adapun proses penelitian yang dilakukan yaitu bekatul yang telah dipreparasi dicampurkan dengan pelarut NADES. Selanjutnya dilakukan proses ekstraksi sonikasi dengan menggunakan variasi suhu 30°C dan 40°C dan variasi lama ekstraksi 60 menit dan 90 menit. Sehingga akan dilakukan perlakuan dengan mengkombinasi variasi suhu dan lama ekstraksi, seperti halnya yang tertera pada Tabel 3.1. Dari kedua faktor diperoleh 4 kombinasi perlakuan dengan 3 kali ulangan, hingga didapatkan 12 satuan percobaan. Hasil selanjutnya akan dianalisis aktivitas antioksidannya.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Preparasi sampel
2. Pembuatan *Natural Deep Eutetic Solvents* (NADES)
3. Ekstraksi bekatul dengan metode sonikasi dengan variasi suhu dan lama ekstraksi
4. Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH
5. Analisis data

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Sampel

Bekatul yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis beras putih varietas IR64 hasil penggilingan padi di Desa Tasikmadu, Kota Malang, Jawa Timur. Bekatul sebanyak 20 gram diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh dan

dibungkus dengan aluminium foil. Setelah itu, sampel diinkubasi dengan menggunakan oven selama 15 menit pada suhu 100°C, selanjutnya didinginkan pada suhu ruang dan disimpan pada suhu 4°C.

3.5.2 Pembuatan *Natural Deep Eutetic Solvents* (NADES)

Komponen-komponen penyusun NADES ditimbang bahan asam malat sebanyak 134 gram, glukosa sebanyak 180 gram, dan aquades 324 mL. Asam malat, glukosa, dan aquades dicampurkan sesuai dengan konsentrasi rasio mol yang telah ditentukan (1:1:18). Campuran tersebut diaduk pada suhu 70°C menggunakan *magnetic stirrer* dalam beaker glass selama 1 jam hingga diperoleh larutan yang stabil ditandai dengan larutan campuran tetap bening, tidak mengkristal, mengendap, atau berubah warna. Selanjutnya campuran liquid yang diperoleh disimpan hingga beratnya konstan (3 hari). Campuran liquida diamati, jika tetap berbentuk cairan liquida yang bening (tidak mengendap, tidak berubah warna ataupun mengkristal), maka selanjutnya campuran liquida tersebut disebut sebagai NADES. Selanjutnya NADES tersebut ditambahkan sejumlah tertentu air hingga kandungan airnya mencapai persen (50%) berat.

3.5.3 Ekstraksi Bekatul dengan Metode Sonikasi

Sebanyak 20 gram bekatul dicampur dengan 80 mL NADES dalam erlenmeyer lalu dimasukkan ke dalam *water bath*. Ekstraksi dilakukan selama 60 menit dan 90 menit pada suhu 30°C dan 40°C. Setelah proses ekstraksi, hasil ekstraksi disaring menggunakan corong buchner hingga filtrat dan residu terpisah. Pada masing-masing filtrat dipekatkan menggunakan *freeze dryer*. Persentase

rendemen dapat diketahui menggunakan persamaan 3.1

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

3.5.4 Uji Aktivitas Antioksidan menggunakan Metode DPPH

3.5.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Metanol diambil sebanyak 3 mL dimasukkan ke dalam kuvet dan ditambahkan larutan DPPH 0,2 mM sebanyak 1 mL. Selanjutnya dicari λ_{maks} larutan pada rentangan panjang gelombang 500-600 nm dan catat hasil pengukuran untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

3.5.4.2 Pengukuran Aktivitas Antioksidan pada Sampel

Absorbansi kontrol : NADES 100 mg dilarutkan dalam 10 mL metanol dan diambil sebanyak 3 mL dimasukkan kedalam tabung reaksi dan larutan DPPH 0,2 mM dipipet sebanyak 1 mL. Tabung reaksi ditutup dengan aluminium foil agar tidak ada kontaminasi dengan udara luar. Kemudian, diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Kemudian, dimasukkan larutan ke dalam kuvet hingga penuh dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan λ_{max} yang diperoleh pada tahap sebelumnya.

Absorbansi sampel : Sampel ekstrak 100 mg dilarutkan dalam 10 ml metanol. masing-masing variasi diambil sebanyak 3 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. kemudian ditambahkan DPPH 0,2 mM sebanyak 1 mL ke dalam masing-masing variasi sampel. Setelah itu tabugn reaksi ditutup dengan aluminium foil agar tidak adanya kontaminasi dengan udara luar. Selanjutnya, diinkubasi dengan suhu 37°C selama 30 menit, kemudian dimasukkan ke dalam kuvet hingga penuh dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{max}

yang diperoleh sebelumnya. Data absorbansi yang diperoleh dihitung nilai persen (%) aktivitas antioksidannya .

$$\% \text{ Aktivitas Antioksidan} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan : A_0 = Absorbansi kontrol

A_1 = Absorbansi sampel

3.5.5 Analisis Data

Data hasil aktivitas antioksidan dengan pengaruh waktu dan suhu ekstraksi dianalisis varian *two ways* ANOVA pada SPSS untuk menguji adanya pengaruh perlakuan terhadap aktivitas antioksidan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Sampel

Proses persiapan sampel diawali dengan dengan proses pengayakan bekatul menggunakan ayakan ukuran 60 mesh untuk memperoleh bekatul dengan tekstur yang halus. Bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan memperluas permukaan sampel agar interaksi antara pelarut dan sampel menjadi lebih efektif. Sampel kemudian distabilisasi menggunakan oven. Stabilisasi dengan oven tidak hanya menginaktivasi enzim lipase yang terdapat dalam bekatul, tetapi juga mengurangi kadar air dalam bekatul. Metode stabilisasi dengan menggunakan oven meningkatkan masa simpan bekatul dan mencegah kerusakan akibat oksidasi (Siswanti dkk, 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tengah *et al* (2011), pengovenan bekatul pada suhu 100°C selama 15 menit memberikan hasil stabilisasi terbaik. Bekatul kering yang dihasilkan memiliki warna coklat kekuningan.



Gambar 4.1 Sampel Bekatul Setelah Preparasi

4.2 Ekstraksi Senyawa Aktif Bekatul Menggunakan Pelarut NADES Dengan Metode Sonikasi

Metode sonikasi digunakan untuk meningkatkan efektivitas dan kecepatan proses ekstraksi. Selama proses ekstraksi, gelombang ultrasonik menghasilkan getaran yang berfungsi sebagai pengaduk yang dapat meningkatkan osmosis antara bahan dan pelarut. Getaran tersebut juga menghasilkan gelembung kavitasi pada dinding, yang mengakibatkan transfer massa (Sakinah, 2019). Selama proses ekstraksi, terjadi pemanasan lokal pada cairan yang dapat meningkatkan difusi ekstrak. Pemanasan ini menyebabkan pelepasan senyawa yang akan diekstrak dari bahan bekatul. Setelah proses ekstraksi selesai, terlihat perbedaan antara filtrat (cairan) dan residu (padatan) dari bekatul. Untuk memisahkan residu dan filtrat, dilakukan pemisahan dengan metode yang sesuai. Dengan menggunakan alat *water bath*, ekstraksi bekatul dapat dilakukan secara efektif dan cepat. Getaran ultrasonik yang dihasilkan oleh alat tersebut membantu dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi dan memfasilitasi transfer massa antara bahan dan pelarut. Pemanasan lokal yang terjadi juga berperan dalam meningkatkan difusi senyawa yang diekstrak. Setelah ekstraksi selesai, dilakukan pemisahan antara filtrat (cairan) dan residu (padatan) untuk mendapatkan ekstrak bekatul yang diinginkan.

Efisiensi sonikasi dalam ekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk ukuran partikel, suhu, waktu ekstraksi, jenis pelarut, dan pengadukan. Dalam proses ekstraksi bekatul dengan metode sonikasi, pelarut yang digunakan adalah NADES. NADES dipilih karena memiliki beberapa keunggulan, seperti tidak mudah terbakar, stabil terhadap panas, dan mampu larut dalam berbagai senyawa organik maupun anorganik (Flieger and Czajkowska-Zelazko, 2011; Feng

et al., 2010). Metode pembuatan NADES yaitu dengan mencampurkan asam malat, glukosa dan aquades diaduk pada suhu 70°C sampai menjadi bening. Dai *et al.* (2013b) menyatakan bahwa NADES berbasis gula dan polialkohol menghasilkan NADES dengan polaritas tinggi.



Gambar 4.2 Pelarut NADES Glukosa:Asam Malat:Aquades (1:1:18)

Proses ekstraksi sonikasi dilakukan dalam *water bath* dengan suhu yang dikontrol, yaitu 30°C dan 40°C, dengan durasi ekstraksi selama 60 menit dan 90 menit. Kemudian proses filtrasi untuk memisahkan antara filtrat dan residu dilakukan dengan menggunakan vakum. Filtrat yang dihasilkan berwarna kuning. Filtrat kemudian dikeringkan. Metode yang digunakan untuk mengeringkan filtrat dalam proses ekstraksi adalah *freeze drying*. Prinsip dasar *freeze drying* adalah sublimasi, yaitu perubahan langsung dari fase padat (es) menjadi uap tanpa melalui fase cair. Pada proses ini, ekstrak kering hasil *freeze drying* disimpan dalam wadah tertutup rapat untuk mencegah kontaminasi dan mempertahankan kualitasnya.

Rendemen merujuk pada perbandingan antara berat kering ekstrak dengan total berat bahan baku. Nilai rendemen erat kaitannya dengan jumlah kandungan

bioaktif. Semakin tinggi rendemen maka semakin tinggi kandungan zat yang tertarik pada suatu bahan baku (Senduk *et al.*, 2022). Berikut merupakan persentase rendemen ekstrak bekatul dengan perlakuan variasi waktu dan suhu ekstraksi yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rendemen Ekstrak Bekatul Beras Putih Dengan Sonikasi

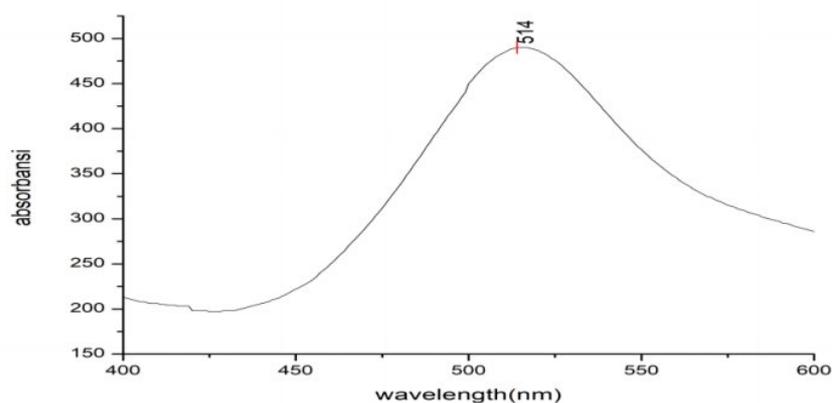
Sampel	Rendemen(%)	Warna Ekstrak Pekat
T1S1	10,64	Kuning
T1S2	11,72	Kuning
T2S1	10,87	Kuning
T2S2	12,55	Kuning

Berdasarkan data pada tabel 4.1 maka dapat diketahui bahwa rendemen terbesar diperoleh pada saat bekatul diekstraksi selama 90 menit pada suhu 40°C. Faktor yang mempengaruhi nilai rendeman pada hasil ekstraksi adalah lama waktu dan suhu ekstraksi yang digunakan. Saat suhu ditingkatkan, viskositas, tegangan permukaan, indeks bias, dan pH NADES cenderung mengalami penurunan (Yuli, 2021). Pada peningkatan suhu, viskositas NADES cenderung menurun, sehingga kekentalan pelarut menjadi lebih rendah. Hal ini dapat meningkatkan pergerakan molekul dalam pelarut, memfasilitasi difusi senyawa-senyawa yang diekstrak. Selain itu, peningkatan suhu juga dapat meningkatkan solubilitas pelarut, sehingga mempercepat proses ekstraksi bekatul. Pada proses ekstraksi sonikasi, pemilihan suhu yang tepat dapat mempengaruhi efisiensi dan hasil ekstraksi bekatul. Namun, perlu diingat bahwa suhu yang terlalu tinggi juga dapat berpotensi merusak senyawa-senyawa yang diinginkan. Oleh karena itu, pemilihan suhu yang optimal perlu mempertimbangkan faktor-faktor tersebut.

4.3 Uji Aktivitas Antioksidan Dengan Metode DPPH

4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran panjang gelombang DPPH dengan konsentrasi 0,2 mM. Hasil pengukuran panjang gelombang DPPH tersebut adalah sebesar 514 nm. Sesuai dengan penelitian Nurrochmad (2007) yang menyatakan bahwa radikal DPPH memberikan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 514 nm. Panjang gelombang maksimal merupakan panjang gelombang dimana terjadi penyerapan secara maksimal. Berikut hasil pengukuran panjang gelombang maksimum larutan DPPH 0,2 mM pada Gambar 4.3



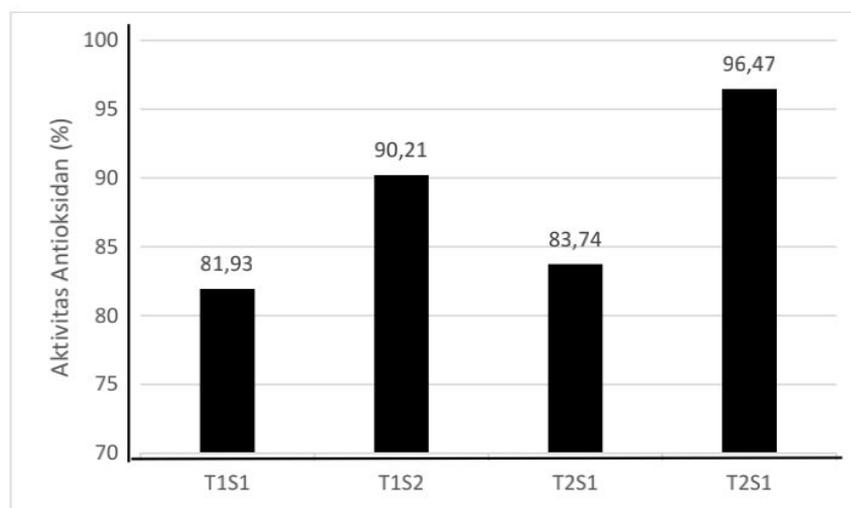
Gambar 4.3 Spektra UV-Vis Larutan DPPH 0,2 mM

4.3.2 Pengaruh Suhu dan Lama Ekstraksi Terhadap Antioksidan Bekatul

Pada uji aktivitas antioksidan pada bekatul menggunakan metode peredaman radikal bebas DPPH, dilakukan penggunaan spektrofotometer UV-Vis. Pada metode ini, senyawa DPPH dilarutkan dengan pelarut. bekatul yang mengandung senyawa antioksidan akan bereaksi dengan senyawa DPPH pada panjang gelombang yang telah ditentukan, yaitu 514 nm. Pada pengujian dengan

spektrofotometer UV-Vis, akan diukur nilai absorbansi larutan DPPH setelah direaksikan dengan ekstrak bekatul. Penurunan nilai absorbansi mengindikasikan adanya perubahan warna larutan dari ungu menjadi kuning. Hal ini terjadi karena senyawa antioksidan dalam bekatul mengurangi senyawa DPPH yang merupakan radikal bebas. Saat senyawa antioksidan mendonorkan atom hidrogennya kepada radikal DPPH, terbentuk radikal antioksidan yang lebih stabil. Semakin kecil nilai absorbansi larutan DPPH setelah reaksi, menunjukkan tingkat aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dalam meredam radikal bebas. Pengukuran absorbansi larutan DPPH setelah reaksi akan digunakan untuk menghitung nilai aktivitas antioksidan dari ekstrak bekatul yang diuji.

Adapun sampel yang digunakan untuk pengukuran aktivitas antioksidan yaitu sampel yang telah diekstraksi menggunakan pelarut NADES dengan variasi suhu dan lama ekstraksi. Aktivitas antioksidan ekstrak bekatul ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Keterangan:

T1S1= Suhu 30°C dan lama ekstraksi 60 menit , T1S2= Suhu 30°C dan lama ekstraksi 90 menit , T2S1= Suhu 40°C dan lama ekstraksi 60 menit , T2S2= Suhu 40°C dan lama ekstraksi 90 menit

Gambar 4.4 Grafik Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bekatul Dengan Pelarut NADES

Aktivitas antioksidan ekstrak bekatul menggunakan pelarut NADES tertinggi yaitu pada suhu 40°C dan waktu 90 menit sebesar 96,47%. Semakin tinggi suhu maka viskositas NADES akan menurun. Hal ini dikarenakan peningkatan suhu akan meningkatkan kecepatan rata-rata molekul dalam cairan yang dapat menurunkan gaya antar molekul rata-rata sehingga mengurangi hambatan fluida untuk mengalir (Hayyan *et al.*, 2013). Pelarut dengan viskositas rendah memiliki koefisien difusi yang lebih tinggi sehingga tingkat ekstraksi meningkat (Mulia *et al.*, 2015). Pada perlakuan suhu 40°C dan lama ekstraksi 60 menit (T2S1) diperoleh hasil yang lebih baik daripada suhu 30°C dan lama ekstraksi 60 menit (T1S1). Hal ini dikarenakan suhu T2S1 lebih tinggi sehingga laju pelarutan zat terlarut oleh pelarut semakin tinggi dan laju difusi pelarut ke dalam serta ke luar padatan (Nasir dkk, 2009).

Waktu ekstraksi mempengaruhi lama kontak antara padatan dengan pelarut yang digunakan saat proses ekstraksi sehingga akan memaksimalkan proses pelarutan senyawa atau zat yang akan diekstraksi (Julaika dkk, 2019). Pada perlakuan suhu 40°C dan lama ekstraksi 90 menit (T2S2) diperoleh hasil yang lebih baik daripada suhu 40°C dan lama ekstraksi 60 menit (T2S1) dikarenakan semakin lama waktu ekstraksi maka semakin tinggi nilai rendeman yang diperoleh. Berdasarkan persentase aktivitas antioksidan pada perlakuan variasi waktu ekstraksi menghasilkan ekstrak bekatul dengan kemampuan aktivitas antioksidan yang cukup tinggi sehingga atom hidrogen dari senyawa antioksidan ke radikal DPPH cukup besar sehingga ekstrak bekatul yang diperoleh cukup berpotensi sebagai penangkal radikal bebas. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pavlic (2022) yang membandingkan ekstraksi bunga timi pada suhu (40-55-70

°C) dan lama ekstraksi (60-120-180 menit) menggunakan pelarut NADES yang memperoleh aktivitas antioksidan tertinggi pada suhu 70°C dan lama ekstraksi 180 menit.

Nilai aktivitas antioksidan ekstrak bekatul yang didapat, kemudian diuji statistik yang telah dilakukan dengan analisis varian (Anova) Two way. Tujuannya untuk mengetahui adanya pengaruh dari kedua variasi dan interaksi antara kedua variasi tersebut. Berdasarkan hasil statistik analisis varians (Anova) Two way, nilai p-value yang diperoleh pada variabel suhu adalah sebesar 0,016 dan pada variabel lama ekstraksi adalah sebesar 0,000 atau kurang dari 0,05, sehingga keputusan yang diperoleh yaitu tolak H_0 . Hal ini berarti bahwa taraf signifikansi 5% terdapat cukup bukti untuk mengatakan bahwa terdapat pengaruh aktivitas antioksidan jika ditinjau berdasarkan suhu dan lama ekstraksi.

Kemudian jika dilihat pada interaksi variabel suhu dan lama ekstraksi, nilai p-value yang diperoleh yaitu sebesar 0,130 atau lebih besar dari 0,05, sehingga keputusan yang diperoleh yaitu H_0 diterima. Hal itu berarti tidak ada interaksi antara suhu dan lama ekstraksi terhadap aktivitas antioksidan. Selanjutnya dilakukan uji lanjut. Berdasarkan hasil uji lanjut diketahui bahwa pada perlakuan lama ekstraksi 90 menit dengan 60 menit dan perlakuan suhu 40°C dengan 30°C yang berbeda nyata antar perlakuannya.

4.4 Manfaat Bekatul Menurut Pandangan Islam

Ajaran Islam selalu mengajak manusia untuk mengembangkan dan memperluas pengetahuan, mengingat luasnya ilmu yang telah diberikan oleh Allah. Hal ini mendorong umat Muslim untuk mempelajari berbagai macam ilmu, termasuk ilmu pengobatan yang menggunakan bahan-bahan alami, terutama

tumbuhan. Setiap ciptaan Allah di bumi ini memiliki nilai dan manfaat yang tidak sia-sia, termasuk tumbuhan yang memiliki fungsi dan manfaat khusus. Allah telah menciptakan berbagai jenis tumbuhan yang bermanfaat bagi manusia, sesuai dengan firman-Nya dalam Surah Luqman ayat 10:

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا وَالْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَأَنْزَلْنَا

مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung di permukaan bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik”.

Setelah penelitian ini dilakukan maka dapat dibuktikan bahwa bekatul yang merupakan limbah hasil penggilingan padi memiliki aktivitas antioksidan sebesar 96% menggunakan proses ekstraksi sonikasi pada waktu 90 menit, dimana bisa digunakan untuk maksud yang lebih luas dan pemanfaatannya seperti sebagai suplemen makanan. Ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan penggunaan limbah padi, tidak hanya sebagai pakan ternak, tetapi bekatul dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan tingkat aktivitas antioksidan yang sangat tinggi yang bisa dijadikan sebagai suplemen makanan. Karena alasan ini, peluang untuk mengembangkan kualitas bekatul yang bermutu lebih tinggi menjadi lebih terbuka, mengubah sesuatu yang biasa menjadi luar biasa, serta membawa manfaat yang melimpah.

Senyawa antioksidan yang terkandung dalam bekatul dapat dipengaruhi oleh lamanya waktu ekstraksi. Manfaat waktu ekstraksi pada senyawa antioksidan

adalah untuk meningkatkan jumlah senyawa antioksidan yang diekstraksi dari bekatul. Dengan memberikan waktu ekstraksi yang cukup, senyawa-senyawa antioksidan dapat terlepas dari bekatul dan terlarut dalam pelarut, sehingga meningkatkan potensi manfaat kesehatan yang dimilikinya. Telah kita ketahui bahwasanya Mengelola waktu dengan baik dan tidak menyia-nyiakannya adalah kewajiban bagi umat Muslim. sebagaimana firman Allah dalam Al-Qur'an surah Al-A'sr ayat 1-3:

وَالْعَصْرِ ۝ إِنَّ الْإِنْسَانَ لَفِي خُسْرٍ ۝ إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَّصُوا بِالحَقِّ ۝ وَتَوَّصُوا بِالصَّبْرِ ۝

Artinya: “Demi masa, sesungguhnya manusia benar-benar berada dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan beramal saleh serta saling menasihati untuk kebenaran dan kesabaran.”

Menurut penfsiran Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Misbah volume 15 yang telah disusunnya, ayat ini menunjukkan kita agar kita tidak untuk membuang – buang waktu karena akan membawa kerugian yang besar. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini karena pada ekstraksi dengan lama ekstraksi 60 menit hanya menghasilkan aktivitas antioksidan 83, 74% sedangkan lama ekstraksi 90 menit menghasilkan aktivitas antioksidan 96, 47%.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai aktivitas antioksidan ekstrak bekatul terbaik menggunakan pelarut *Natural Deep Eutectic Solvent* diperoleh pada sampel suhu 40°C dan lama ekstraksi 90 menit dengan hasil sebesar 96,47%.

5.2 Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memisahkan pelarut NADES dengan sampel hasil ekstraksi agar memudahkan saat pengujian dengan DPPH.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, A. (2003). *Écologies liées: à propos du système des professions. Les professions et leurs sociologies. Modèles théoriques, catégorisations, évolutions*, 29-50.
- Abbott, A. P., Boothby, D., Capper, G., Davies, D. L., & Rasheed, R. K. (2004). *Deep eutectic solvents formed between choline chloride and carboxylic acids: versatile alternatives to ionic liquids. Journal of the American Chemical Society*, 126(29), 9142-9147.
- Abbott, A. P., Capper, G., Davies, D. L., McKenzie, K. J., & Obi, S. U. (2006). *Solubility of metal oxides in deep eutectic solvents based on choline chloride. Journal of Chemical & Engineering Data*, 51(4), 1280-1282.
- Al-Jazairi, S. A. B. J. (2009). *Tafsir Al-Qur'an Al-Aishar Jilid 6*. Jakarta: Darus Sunnah.
- Ananda, B. P. (2022). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Kakao (Theobroma Cacao L) Terhadap Streptococcus Mutans (Doctoral Dissertation, Universitas Dr. Soebandi)*.
- Arif, A. B., Budiyanto, A., & Pascapanen, B. B. (2013). *Nilai Indeks Glikemik Produk Pangan dan Faktor-faktor yang Memengaruhinya*.
- Arunkumar, G., Chandni, R., Mourya, D. T., Singh, S. K., Sadanandan, R., Sudan, P., & Bhargava, B. (2019). *Outbreak investigation of Nipah virus disease in Kerala, India, 2018. The Journal of infectious diseases*, 219(12), 1867-1878.
- Astawan, M. (2009). *Bekatul gizinya kaya betul. Diakses dari: <http://www.kompas.com>. Tanggal, 19*.
- Bawa, A., Putra, B., dan Laila, I. (2009). *Penentuan pH Optimum Isolasi Karaginan dari Rumput Laut Jenis Eucheuma cottoni*. Skripsi. Bali: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan dan Alam Universitas Udayana.
- Budiyanto, A. (2008). *Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi terhadap karakter pektin dari ampas jeruk siam (Citrus nobilis L)*.
- Budiyanto, A. dan Yulianingsih. (2008). *Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi terhadap karakter pektin dari ampas jeruk siam (Citrusnobilis L)*. *Jurnal Pascapanen*. 5(2):37-44.
- Cahyani, G. I. (2008). *Analisis faktor sosial ekonomi keluarga terhadap keanekaragaman konsumsi pangan berbasis agribisnis di kabupaten banyumas (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro)*.
- Candani, D., Ulfah, M., Noviana, W., dan Zainul, R. (2019). *A Riview: Pemanfaatan Teknologi Sonikasi (Issue 26)*.

- Chen, M. H., & Bergman, C. J. (2005). *A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ -oryzanol contents*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(2-3), 139-151.
- Choi, Y. H., van Spronsen, J., Dai, Y., Verberne, M., Hollmann, F., Arends, I. W., ... & Verpoorte, R. (2011). *Are natural deep eutectic solvents the missing link in understanding cellular metabolism and physiology?*. *Plant physiology*, 156(4), 1701-1705.
- Dai, Y., Witkamp, G. J., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2013). *Natural deep eutectic solvents as a new extraction media for phenolic metabolites in *Carthamus tinctorius* L.* *Analytical chemistry*, 85(13), 6272-6278.
- Dai, Y., Witkamp, G. J., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2015). *Tailoring properties of natural deep eutectic solvents with water to facilitate their applications*. *Food chemistry*, 187, 14-19.
- Darni, Y., & Utami, H. (2009). *Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum*. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 7(2).
- Djaeni, M., & Listyadevi, Y. L. (2019). *The ultrasound-assisted extraction of rice bran oil with n-hexane as a solvent*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1295, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
- Feng, R., Zhao, D., Guo, Y. (2010). *Revisiting Characteristics of Ionic Liquids: A Review for Further Application Development*. *Journal of Environmental Protection*, 1, 95-104.
- Flieger, J. & Czajkowska-Zelazko, A. (2011). *Ionic Liquids in Separation Techniques: Applications of Ionic Liquids in Science and Technology*, S. Handy (Ed.), ISBN: 978-953-307-605-8, InTech.
- Fu, S., Mei, G., Wang, Z., Zou, Z. L., Liu, S., Pei, G. X., ... & Jin, D. (2014). *Neuropeptide substance P improves osteoblastic and angiogenic differentiation capacity of bone marrow stem cells in vitro*. *BioMed research international*, 2014.
- Fuadi, A. (2012). *Ultrasonik sebagai alat bantu ekstraksi oleoresin jahe*. *Jurnal Teknologi*, 12(1), 14-21.
- Guevara-Vela, J. M., Chávez-Calvillo, R., García-Revilla, M., Hernández-Trujillo, J., Christiansen, O., Francisco, E., ... & Rocha-Rinza, T. (2013). *Hydrogen-Bond Cooperative Effects in Small Cyclic Water Clusters as Revealed by the Interacting Quantum Atoms Approach*. *Chemistry—A European Journal*, 19(42), 14304-14315.
- Hayyan, A., Mjalli, F. S., Alnashef, I. M., Al-Wahaibi, Y. M., Al-Wahaibi, T., & Hashim, M. A. (2013). *Glucose-based deep eutectic solvents: Physical properties*. *Journal of Molecular Liquids*. 178. 137–141.

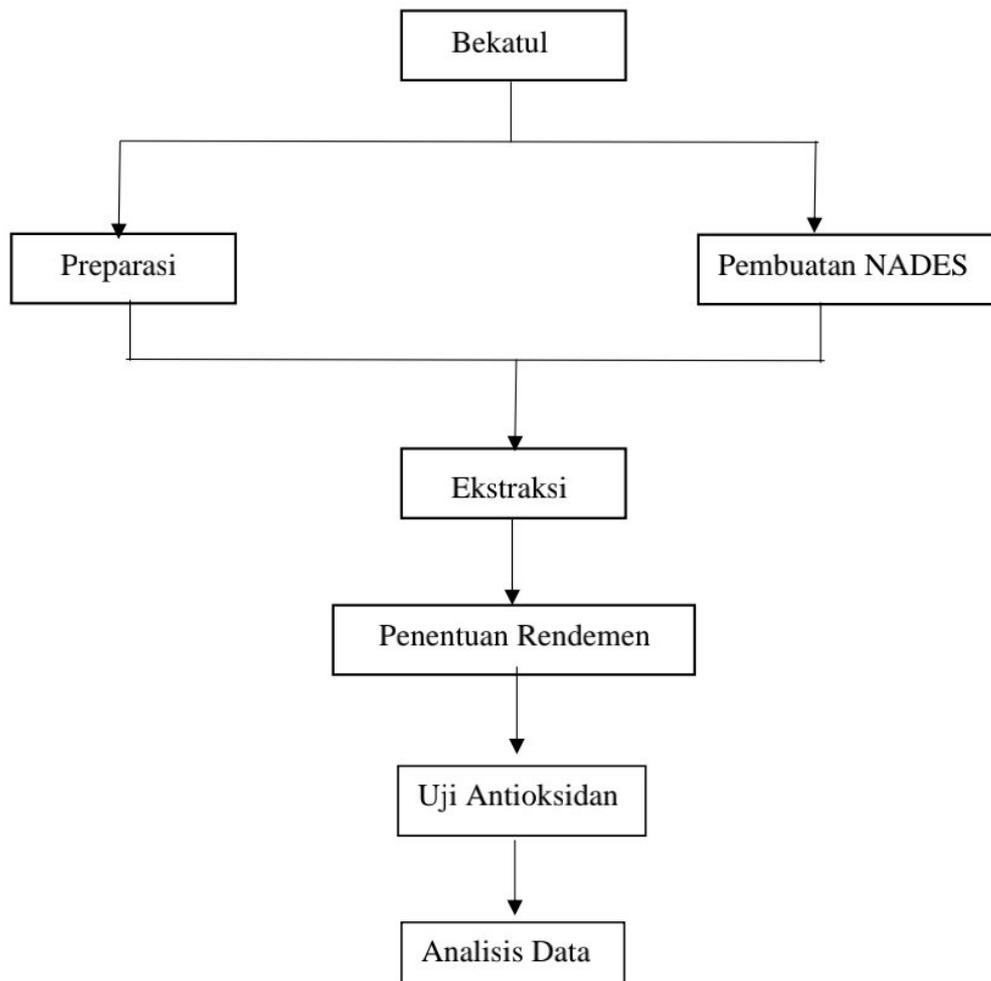
- Julaika, S., ikrimah, L., dan Normadini, B.H. (2019). Penggunaan Gelombang Mikro Pada Pembuatan Minyak Bekatul Padi Dengan Pelarut Etanol. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan Vii. 2685-687.
- Jurić, T., Mičić, N., Potkonjak, A., Milanov, D., Dodić, J., Trivunović, Z., & Popović, B. M. (2021). *The evaluation of phenolic content, in vitro antioxidant and antibacterial activity of Mentha piperita extracts obtained by natural deep eutectic solvents. Food Chemistry*, 362, 130226.
- Khairunnisa, K. (2021). Penetapan Kadar Fenolik dan Tanin Total dan Analisis Aktivitas Antioksidan pada Jamur Merang (*Volvariella volvacea Bull.*) dengan Metode DPPH (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Liu, Z. (2013). *The hydrogen sulfide donor, GYY 4137, exhibits anti-atherosclerotic activity in high fat fed apolipoprotein mice. British journal of pharmacology*, 169(8), 1795-1809.
- Ovani, I. (2013). Pengembangan Minuman Emulsi Minyak Bekatul Berflavor Kaya Antioksidan untuk Pencegahan Penyakit Tidak Menular.
- Mason, A., & Larkman, A. (1990). *Correlations between morphology and electrophysiology of pyramidal neurons in slices of rat visual cortex. II. Electrophysiology. Journal of Neuroscience*, 10(5), 1415-1428.
- Molyneux, P. (2003). *The use of the stable radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity*, 26.
- Mulia, Kamarza, Krisanti, Elsa, Terahadi, Felita & Putri, Sylvania (2015). *Selected Natural Deep Eutectic Solvents for the Extraction of α -Mangostin from Mangosteen (Garcinia mangostana L.) Pericarp. International Journal of Technology*, 6.
- Nasir, S., Fitriyanti, F., & Kamila, H. (2009). Ekstraksi dedak padi menjadi minyak mentah dedak padi (Crude Rice Bran Oil) Dengan Pelarut N-Hexane Dan Ethanol. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(2).
- Nurhasanah. (2017). Ekstraksi Senyawa Bioaktif Dari Rimpang Curcuma Mangga Menggunakan Pelarut Ramah Lingkungan Natural Deep Eutectic Solvent (Nades). Departemen Teknik Kimia fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Nurrochmad, A. (2007). Uji Aktivitas Penangkapan Radikal 2, 2-Difenil-1-Pikrilhidrazil (Dpph) Oleh Heksagamavunon-1 (Hgv-1) Testing Scavenger Activity Of Radical 2, 2-Difenil-1-Pikrilhidrazil (Dpph) By Heksagamavunon-1 (Hgv-1) 1 Mempunyai Es50 Mempunyai Es50 Pendahuluan.
- Pavlić, B., Mrkonjić, Ž., Teslić, N., Kljakić, A. C., Pojić, M., Mandić, A., ... & Mišan, A. (2022). Natural deep eutectic solvent (NADES) extraction improves polyphenol yield and antioxidant activity of wild thyme (*Thymus serpyllum L.*) extracts. *Molecules*, 27(5), 1508.

- Permata, M. K. (2009). Pengaruh Pemberian Ekstrak Minyak Jintan Hitam (*Nigella Sativa*) Terhadap Perubahan Histopatologis Hepar Mencit Balb/c Yang Diinfeksi *Salmonella Typhimurium* (*Doctoral dissertation, Medical Faculty*).
- Putra, I. N. K., Antara, N. S., & Wartini, N. M. (2012). Bioactive components of leaf and stalk of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil and its antioxidant activity. In *International Conference "Future Of Food Factors"*, Indonesian Food Technologist Association (pp. 3-4).
- Rahman, Muhammad Kevin., Enny Fachriyah1., Dewi Kusriani. (2022). Ekstraksi Daun Salam Berbasis Natural Deep Eutectic Solvent dan Pemanfaatannya sebagai Antioksidan. *Journal of Environmental Chemistry*.
- Sakinah. (2019). Penggunaan Metode Sonikasi Dalam Ekstraksi Pektin Kulit Buah Naga (*Hylocereus Polyrhizus*) Dengan Konsentrasi Pelarut Asam Asetat Dan Lama Waktu Ekstraksi [Skripsi]. Jember: Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Santos, M. (2022). *Sequential one-pot NaDES assisted extraction and biotransformation of rice bran: A new strategy to boost antioxidant activity of natural extracts. Process Biochemistry, 117, 110-116.*
- Sayuti, K., & Yenrina, R. (2015). Antioksidan alami dan sintetik. *Padang. Universitas Adalas, 40.*
- Senduk, T. W., Montolalu, L. A., & Dotulong, V. (2022). The rendement of boiled water extract of mature leaves of mangrove *Sonneratia alba*. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis, 11(1), 9-15.*
- Setiawan, F., Yunita, O., & Kurniawan, A. (2018). Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol kayu secang (*Caesalpinia sappan*) menggunakan metode DPPH, ABTS, dan FRAP. *Media Pharmaceutica Indonesiana, 2(2), 82-89.*
- Shihab, M. Q. (2002). Tafsir al-misbah. *Jakarta: lentera hati, 2.*
- Sholihah, M. A., Ahmad, U., & Budiastra, I. W. (2017). Aplikasi gelombang ultrasonik untuk meningkatkan rendemen ekstraksi dan efektivitas antioksi dan kulit manggis. *Jurnal keteknikan pertanian, 5(2).*
- Siswanti., Nurhartadi, E., Anandito, R.B.K dan Setyaningrum, E.A. (2018). Karakterisasi Sifat Fisik dan Kimia Bekatul Beras Hitam (*Oryza sativa L.*) Kultivar Melik dengan Berbagai Teknik Stabilisasi. Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis UNS ke-42 Tahun 2018, 02 (01).
- Smith, E. L., Abbott, A. P., & Ryder, K. S. (2014). *Deep eutectic solvents (DESs) and their applications. Chemical reviews, 114(21), 11060-11082.*
- Statistik, B. P. (2021). Pertumbuhan Ekonomi. *Jakarta: Badan Pusat Statistik.*
- Sugiat, D., Hanani, E., & Mun'im, A. (2010). Aktivitas Antioksidan dan Penetapan Kadar Fenol Total Ekstrak Metanol Dedak Bebeapa Varietas padi (*Oryza sativa L.*). *Majalah Ilmu Kefarmasian, 7(1), 4.*

- Teh, S.S., and Birch, E.J. (2014). *Effect Of Ultrasonic Treatment On The Polyphenol Content And Antioxidant Capacity Of Extract From Defatted Hemp, Flax And Canola Seed Cakes. Ultrasonics Sonochemistry*. 346-353.
- Tengah, IGP., IK.R. Widarta, IW. Anarta, (2011). *Aktivitas Antioksidan Bekatul Beras Merah Dari Kabupaten Tabanan, Bali. Laporan Hibah Penelitian Unggulan Udayana. Unpublished. Denpasar.*
- Ulfa, S. M. (2016). *Identifikasi dan uji aktivitas senyawa antioksidan dalam bekatul dengan menggunakan variasi pelarut (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).*
- Wildan, A., Hartati, I., & Widayat, W. (2012). *Optimasi Pengambilan Minyak Dari Limbah Padat Biji Karet Dengan Metode Sokhletasi. Majalah Ilmiah Momentum*, 8(2).
- Winarsi, H. (2007). *Antioksidan alami dan radikal. Penerbit Kanisius.*
- Widarta, I. W. R., & Permana, I. D. G. M. (2017). *Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi terhadap kandungan flavonoid dan aktivitas antioksidan daun sirsak (Annona muricata L.) menggunakan ultrasonik. Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 4(1), 35-42.
- Yen, G. C., & Chen, H. Y. (1995). *Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. Journal of agricultural and food chemistry*, 43(1), 27-32.
- Yuli Piana Dewi (2021). *Karakteristik Nades (Natural Deep Eutectic Solvents). Jom Fteknik Volume 8 Edisi 1.*
- Zaitun, A. (2021). *Pengaruh waktu stabilisasi bekatul dan waktu ekstraksi terhadap aktivitas antioksidan minyak bekatul (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).*

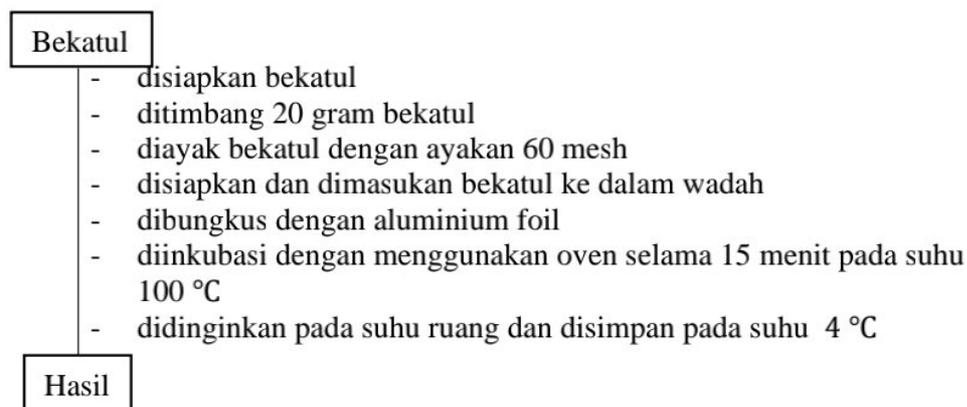
LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahap Penelitian

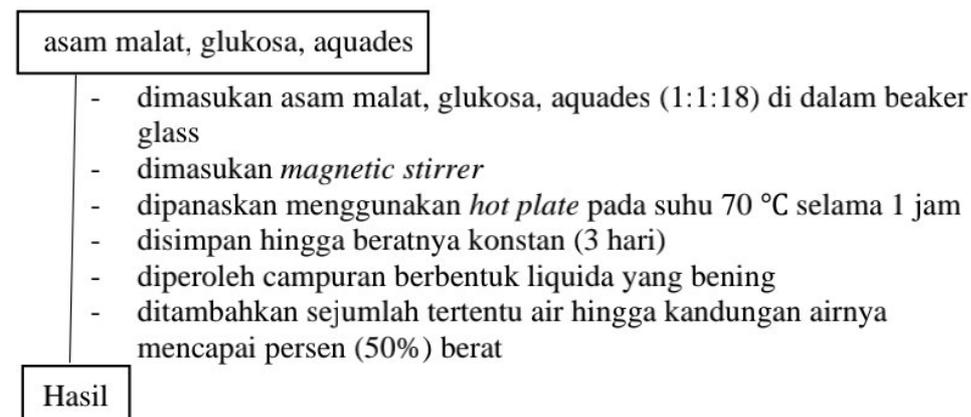


Lampiran 2. Diagram penelitian

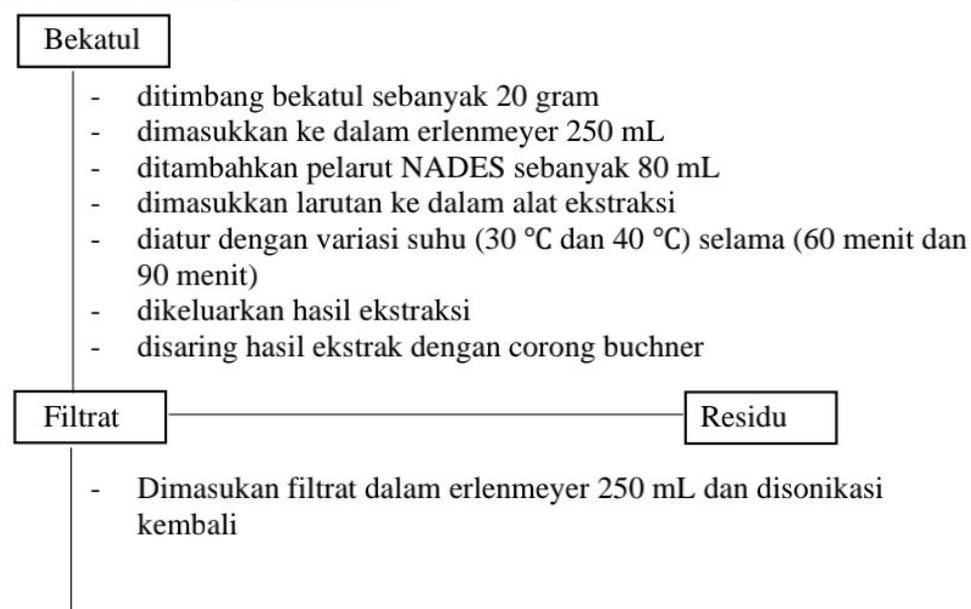
1. Preparasi sampel



2. Pembuatan NADES



3. Ekstraksi minyak bekatul



- Diulangi seperti langkah diatas sebanyak tiga kali
- Dimasukan ke *freeze dryer*
- Ekstrak pekat ditimbang dan dicatat rendemennya
- Ekstrak pekat diletakkan dalam gelas vial yang dilapisi alumunium foil
- Diperoleh hasil ekstrak dan ditentukan rendemennya menggunakan persamaan 3.1

Hasil

4. Uji Aktivitas Antioksidan

a. Penentuan panjang maksimum

Metanol

- methanol diambil sebanyak 3 mL dimasukkan dalam kuvet
- ditambahkan 1 mL DPPH 0,2 mM
- ditentukan λ_{maks} pada panjang gelombang 500-600 nm
- dicatat hasilnya

Hasil

b. Penentuan aktivitas antioksidan

- Absorbansi kontrol

DPPH

- Ditimbang NADES 100 mg dilarutkan dalam 10 mL methanol dan diambil sebanyak 3 mL dimasukkan sebanyak 3 mL dalam tabung reaksi
- Dipipet 1 mL DPPH 0,2 Mm ke dalam tabung reaksi
- Ditutup tabung reaksi dengan aluminium foil
- Diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit
- Dimasukkan larutan ke dalam kuvet hingga penuh
- Diukur absorbansinya pada λ_{maks}

Hasil

- Absorbansi sampel

Ekstrak bekatul

- Dilarutkan sampel ekstrak 100 mg dalam 10 ml metanol
- Diambil 3 mL ekstrak bekatul ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan 1mL DPPH 0,2mM
- Diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit
- Dimasukkan ke dalam kuvet hingga penuh
- Diukur absorbansinya pada λ_{maks}

Hasil

3. Perhitungan Rendeman

3.1 suhu 30 °C dan waktu 60 menit

- Ulangan 1:
 Berat ekstrak = 2,1682 gram
 Berat sampel = 20 gram
 Rendemen = $\frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \%$
 = $\frac{2,1682}{20} \times 100 \%$
 = 10,841%
- Ulangan 2:
 Berat ekstrak = 2,1170 gram
 Berat sampel = 20
 Rendemen = $\frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \%$
 = $\frac{2,1170}{20} \times 100 \%$
 = 10,585%
- Ulangan 3:
 Berat ekstrak = 2,1160 gram
 Berat sampel = 20
 Rendemen = $\frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \%$
 = $\frac{2,1160}{20} \times 100 \%$
 = 10,5%

3.2 suhu 30 °C dan waktu 90 menit

- Ulangan 1:
 Berat ekstrak = 2,3136 gram
 Berat sampel = 20
 Rendemen = $\frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \%$
 = $\frac{2,3136}{20} \times 100 \%$
 = 11,56%
- Ulangan 2:

Berat ekstrak = 2,3936 gram

Berat sampel = 20

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,3936}{20} \times 100 \% \\ &= 11,9\%\end{aligned}$$

- Ulangan 3:

Berat ekstrak = 2,3428 gram

Berat sampel = 20

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,3428}{20} \times 100 \% \\ &= 11,71\%\end{aligned}$$

3.3 suhu 40 °C dan waktu 60 menit

- Ulangan 1:

Berat ekstrak = 2,0839 gram

Berat sampel = 20 gram

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,0839}{20} \times 100 \% \\ &= 10,41\%\end{aligned}$$

- Ulangan 2:

Berat ekstrak = 2,2774

Berat sampel = 20

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat ekstrak}}{\text{berat sampel}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,2774}{20} \times 100 \% \\ &= 11,3\end{aligned}$$

- Ulangan 3:

Berat ekstrak = 2,1826

Berat sampel = 20

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

$$= \frac{2,1826}{20} \times 100 \%$$

$$= 10,91$$

3.4 suhu 40 °C dan waktu 90 menit

- Ulangan 1:

$$\text{Berat ekstrak} = 2,4592$$

$$\text{Berat sampel} = 20$$

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

$$= \frac{2,4592}{20} \times 100 \%$$

$$= 12,28\%$$

- Ulangan 2:

$$\text{Berat ekstrak} = 2,5527$$

$$\text{Berat sampel} = 20$$

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

$$= \frac{2,5520}{20} \times 100 \%$$

$$= 12,76\%$$

- Ulangan 3:

$$\text{Berat ekstrak} = 2,5266$$

$$\text{Berat sampel} = 20$$

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

$$= \frac{2,5266}{20} \times 100 \%$$

$$= 12,63\%$$

4. Perhitungan Aktivitas Antioksidan

Ulangan	Abs. kontrol
1	0,352
2	0,361
3	0,363
Mean	0,358

Sampel	Abs. Sampel			Mean
	Ulangan Ke-			
	1	2	3	
T1S1	0,060	0,067	0,067	0,064
T1S2	0,040	0,029	0,036	0,035
T2S1	0,071	0,045	0,058	0,058
T2S2	0,020	0,006	0,010	0,012

Sampel	Aktivitas Antioksidan			Mean
	Ulangan Ke			
	1	2	3	
T1S1	83,24%	81,28%	81,28%	81,93%
T1S2	88,82%	91,89%	89,94%	90,21%
T2S1	80%	87,43%	83,79%	83,74%
T2S2	94,41%	98%	97%	96,47%

4.1 suhu 30 °C dan waktu 60 menit (T1S1)

- Ulangan 1

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\text{Abs. Sampel} = 0,060$$

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas antioksidan} &= \frac{\text{abs.kontrol} - \text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{0,358 - 0,060}{0,358} \times 100\% \\ &= 83,24\% \end{aligned}$$

- Ulangan 2

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\text{Abs. Sampel} = 0,067$$

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas antioksidan} &= \frac{\text{abs.kontrol} - \text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{0,358 - 0,067}{0,358} \times 100\% \\ &= 81,28\% \end{aligned}$$

- Ulangan 3

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\text{Abs. Sampel} = 0,067$$

$$\text{Aktivitas antioksidan} = \frac{\text{abs.kontrol} - \text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,358-0,067}{0,067} \times 100\%$$

$$= 81,28\%$$

4.2 suhu 30 °C dan waktu 90 menit (T1S2)

- Ulangan 1

Abs. Kontrol = 0,358

Abs. Sampel = 0,040

$$\text{Aktivitas antioksidan} = \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,358-0,040}{0,358} \times 100\%$$

$$= 88,82\%$$

- Ulangan 2

Abs. Kontrol = 0,358

Abs. Sampel = 0,029

$$\text{Aktivitas antioksidan} = \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,358-0,029}{0,358} \times 100\%$$

$$= 91,89\%$$

- Ulangan 3

Abs. Kontrol = 0,358

Abs. Sampel = 0,036

$$\text{Aktivitas antioksidan} = \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,358-0,036}{0,358} \times 100\%$$

$$= 89,94\%$$

4.3 suhu 40 °C dan waktu 60 menit (T2S1)

- Ulangan 1

Abs. Kontrol = 0,358

Abs. Sampel = 0,071

$$\text{Aktivitas antioksidan} = \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,358-0,071}{0,358} \times 100\%$$

$$= 80\%$$

- Ulangan 2

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\text{Abs. Sampel} = 0,045$$

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas antioksidan} &= \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{0,358-0,045}{0,358} \times 100\% \\ &= 87,43\% \end{aligned}$$

- Ulangan 3

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\text{Abs. Sampel} = 0,058$$

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas antioksidan} &= \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{0,358-0,058}{0,358} \times 100\% \\ &= 83,79\% \end{aligned}$$

4.4 suhu 40 °C dan waktu 90 menit (T2S2)

- Ulangan 1

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\text{Abs. Sampel} = 0,02$$

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas antioksidan} &= \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{0,358-0,02}{0,358} \times 100\% \\ &= 94,41\% \end{aligned}$$

- Ulangan 2

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\text{Abs. Sampel} = 0,006$$

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas antioksidan} &= \frac{\text{abs.kontrol}-\text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{0,358-0,006}{0,358} \times 100\% \\ &= 98\% \end{aligned}$$

- Ulangan 3

$$\text{Abs. Kontrol} = 0,358$$

$$\begin{aligned} \text{Abs. Sampel} &= 0,010 \\ \text{Aktivitas antioksidan} &= \frac{\text{abs.kontrol} - \text{abs.sampel}}{\text{abs.kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{0,358 - 0,010}{0,358} \times 100\% \\ &= 97\% \end{aligned}$$

Lampiran 4. Data Minitab

WORKSHEET 1

General Linear Model: antioksidan versus suhu; lama ekstraksi

Method

Factor (-1;
coding 0;
+1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
suhu	Fixed	2	30; 40
lama ekstraksi	Fixed	2	60; 90

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
suhu	1	48,52	48,521	9,27	0,016
lama ekstraksi	1	331,70	331,696	63,40	0,000
suhu*lama ekstraksi	1	14,94	14,941	2,86	0,130
Error	8	41,86	5,232		
Total	11	437,01			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,28737	90,42%	86,83%	78,45%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	88,086	0,660	133,40	0,000	
Suhu					
30	-2,011	0,660	-3,05	0,016	1,00
lama ekstraksi					
60	-5,257	0,660	-7,96	0,000	1,00
suhu*lama ekstraksi					
30 60	1,116	0,660	1,69	0,130	1,00

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{antioksidan} = & 88,086 - 2,011 \text{ suhu}_{30} + 2,011 \text{ suhu}_{40} \\ & - 5,257 \text{ lama ekstraksi}_{60} \\ & + 5,257 \text{ lama ekstraksi}_{90} \\ & + 1,116 \text{ suhu} * \text{lama ekstraksi}_{30 \ 60} \\ & - 1,116 \text{ suhu} * \text{lama ekstraksi}_{30 \ 90} \\ & - 1,116 \text{ suhu} * \text{lama ekstraksi}_{40 \ 60} \\ & + 1,116 \text{ suhu} * \text{lama ekstraksi}_{40 \ 90} \end{aligned}$$

WORKSHEET 1

Comparisons for antioksidan

Tukey Pairwise Comparisons: lama ktraksi

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

lama

ktraksi	N	Mean	Grouping
90	6	0,933433	A
60	6	0,828283	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of lama ktraksi Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T-Adjusted Value	P-Value
90 - 60	0,1051	0,0132	(0,0747; 0,1356)	7,96	0,000

Individual confidence level = 95,00%

Tukey Pairwise Comparisons: suhu

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

suhu	N	Mean	Grouping
40	6	0,900967	A
30	6	0,860750	B

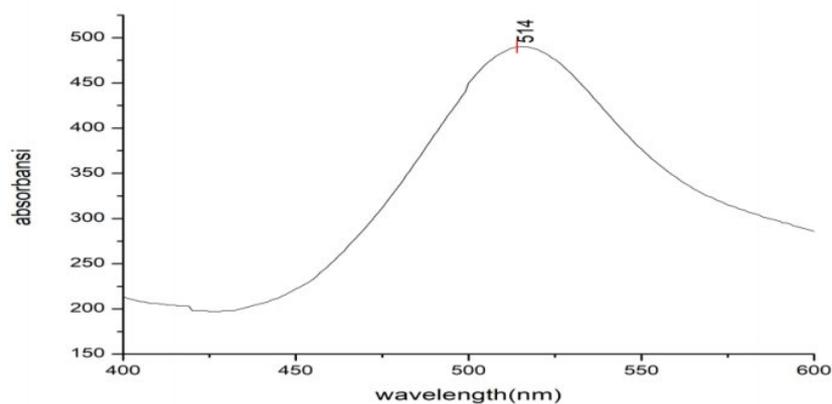
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of suhu Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T- Adjusted Value	P-Value
40 - 30	0,0402	0,0132	(0,0098; 0,0707)	3,05	0,016

Individual confidence level = 95,00%

Lampiran 5 Spektra UV-Vis larutan DPPH 0.2 mM



Lampiran 6 Dokumentasi

L.6.1 Preparasi sampel

 <p>1. ditimbang 20 gram bekatul</p>	 <p>2. diayak bekatul dengan ayakan 60 mesh</p>	 <p>3. diinkubasi dengan menggunakan oven selama 15 menit pada suhu 100 °C</p>
 <p>4. Sampel bekatul setelah preparasi</p>		

L.6.2 Pembuatan NADES

 <p>1. dicampurkan asam malat, glukosa dan aquades</p>		
 <p>2. campuran dipanaskan</p>	 <p>3. ditambahkan air hingga 50% berat</p>	 <p>4. hasil pelarut nades</p>

L.6.3 ekstraksi sonikasi

 <p>1. bekatul ditimbang</p>	 <p>2. dimasukan dalam erlenmeyer</p>	 <p>3. ditambahkan pelarut NADES</p>
 <p>4. ekstraksi di <i>water bath</i></p>	 <p>5. filtrat disaring dengan corong buchner</p>	 <p>6. hasil freeze dry</p>

L.6.4 Uji Aktivitas Antioksidan

