



Penapisan Fitokimia, Fitur Antioksidan, dan Uji Toksisitas pada Ekstrak Metanol Kubis Ungu (*Brassica oleracea var. capitata* L.)

¹Selina Alvionica, ^{2*}Siufui Hendrawan, ³Frans Ferdinal

¹Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia.

^{2,3}Bagian Biokimia dan Biologi Molekuler, Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: siufui@fk.untar.ac.id

Received: July 2025; Revised: August 2025; Accepted: September 2025; Published: September 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan fitokimia, fitur antioksidan serta toksisitas ekstrak metanol kubis ungu yang berasal Jawa Barat, Indonesia. Penelitian dilakukan secara *in vitro* yang meliputi penapisan fitokimia, penentuan kadar fenolik total, uji aktivitas antioksidan menggunakan metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP) dan *2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)* (ABTS). Kemudian, dilanjutkan dengan uji *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) sebagai uji awal potensi toksisitas. Hasil penapisan menunjukkan keberadaan berbagai senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak. Kandungan fenolik total didapatkan sebesar 29,8 mgGAE/g. Pengujian kapasitas antioksidan total menggunakan metode FRAP dan ABTS menghasilkan nilai IC_{50} masing-masing sebesar 13.42 $\mu\text{g/mL}$ dan 21.28 $\mu\text{g/mL}$. Berdasarkan hasil tersebut, ekstrak metanol kubis ungu diklasifikasikan memiliki aktivitas antioksidan yang kuat. Sementara itu, uji toksisitas menggunakan metode BSLT menunjukkan nilai LC_{50} sebesar 153.87 $\mu\text{g/mL}$. Keseluruhan hasil ini menunjukkan bahwa kubis ungu memiliki berbagai kandungan fitokimia bermanfaat dan berpotensi sebagai sumber antioksidan alami yang kuat. Kubis ungu juga memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai obat herbal terstandar dengan khasiat antioksidan dan harga terjangkau.

Kata Kunci: Kubis ungu; fitokimia; fenolik; antioksidan; toksisitas

Abstract: This study aims to analyze the phytochemical content, antioxidant properties and toxicity of methanolic extract of red cabbage originating from West Java, Indonesia. The study comprised *in vitro* assays, which included phytochemical screening, determination of total phenolic level, and antioxidant activity tests. The toxicity was tested using *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). The screening results revealed the presence of various secondary metabolites in the extract. The total phenolic content of red cabbage was 29.8 mgGAE/g. The antioxidant potential was evaluated through the FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) and ABTS (*2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)*) assays, yielding IC_{50} values of 13.42 $\mu\text{g/mL}$ and 21.28 $\mu\text{g/mL}$, respectively; both were classified as having a strong antioxidant activity. The BSLT toxicity test showed an LC_{50} value of 153.87 $\mu\text{g/mL}$. These findings suggest that red cabbage is rich in beneficial phytochemicals and acts a strong natural antioxidants source. Moreover, it demonstrates potential for future development as a standardized herbal medicine with antioxidant properties and an affordable price.

Keywords: Red cabbage; phytochemical; phenolic; antioxidants; toxicity

How to Cite: Alvionica, S., Hendrawan, S., & Ferdinal, F. (2025). Penapisan Fitokimia, Fitur Antioksidan, dan Uji Toksisitas pada Ekstrak Metanol Kubis Ungu (*Brassica oleracea var. capitata* L.). *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(3), 2390–2404. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i3.16405>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i3.16405>

Copyright© 2025, Alvionica et al

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



PENDAHULUAN

Stres oksidatif merupakan kondisi ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dengan kemampuan sistem pertahanan antioksidan tubuh dalam menetralkannya. Kondisi ini dapat timbul akibat aktivitas metabolisme normal maupun paparan faktor eksternal seperti polusi udara, radiasi, dan partikel debu lingkungan. Jika dibiarkan berakumulasi, stres oksidatif dapat merusak komponen seluler seperti lipid, protein, dan DNA, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap timbulnya berbagai penyakit kronis dan degeneratif, termasuk diabetes mellitus, kanker, gangguan kardiovaskular, dan penuaan dini. Dalam konteks ini, antioksidan berperan penting

sebagai agen pelindung dengan menetralkan radikal bebas, menjaga stabilitas biologis tubuh, serta mencegah kerusakan oksidatif pada jaringan.

Meskipun tubuh manusia memiliki sistem pertahanan endogen berupa enzim dan molekul antioksidan alami, kapasitas tersebut sering kali tidak cukup untuk mengimbangi tingginya paparan radikal bebas dari lingkungan maupun hasil metabolisme. Oleh karena itu, asupan antioksidan dari sumber eksternal menjadi sangat diperlukan. Bahan alami seperti buah-buahan, sayuran, rempah, dan tanaman obat diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif, termasuk flavonoid, fenolik, dan antosianin, yang mampu berfungsi sebagai antioksidan efektif. Konsumsi bahan alami tersebut tidak hanya mendukung kesehatan, tetapi juga berpotensi mencegah berbagai penyakit yang dipicu oleh stres oksidatif.

Indonesia sebagai negara kepulauan tropis memiliki potensi besar dalam penyediaan sumber antioksidan alami. Dengan lebih dari 40.000 spesies tumbuhan yang tumbuh di berbagai ekosistem seperti hutan hujan tropis dan lahan gambut, Indonesia termasuk salah satu negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (Sun *et al.*, 2024). Sejak lama, masyarakat Indonesia telah memanfaatkan tumbuhan obat dan herbal lokal dalam pengobatan tradisional. Kandungan fitokimia dan metabolit sekundernya terbukti memiliki berbagai efek terapeutik yang bermanfaat bagi kesehatan (Minich, 2019). Eksplorasi terhadap potensi tumbuhan lokal tidak hanya penting bagi pengembangan obat herbal modern, tetapi juga menjadi langkah strategis dalam pelestarian kearifan lokal dan penguatan industri kesehatan berbasis biodiversitas nasional.

Salah satu tanaman yang berpotensi besar sebagai sumber antioksidan alami adalah kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Tanaman ini mudah diperoleh, berharga terjangkau, serta umum dikonsumsi baik dalam bentuk segar seperti lalapan maupun sebagai bagian dari hidangan olahan. Kubis ungu diketahui mengandung berbagai nutrisi penting seperti vitamin A, B, C, dan E, serta mineral esensial seperti fosfor, kalium, natrium, kalsium, dan zat besi (Damayanti *et al.*, 2023; Susanti *et al.*, 2019). Warna ungu khususnya menandakan keberadaan antosianin dan flavonoid—senyawa bioaktif yang memiliki kapasitas antioksidan tinggi dan berperan penting dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif (Ashfaq *et al.*, 2020; Twaij & Hasan, 2022; Zhao *et al.*, 2020).

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan kandungan gizi dan manfaat kesehatan kubis ungu, kajian yang meneliti aktivitas antioksidannya menggunakan berbagai pendekatan uji biokimia seperti *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP), *2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)* (ABTS), serta *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) pada varietas asal Jawa Barat masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi antioksidan dan toksisitas ekstrak metanol kubis ungu asal Jawa Barat. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan fitokimia, kapasitas antioksidan, dan tingkat toksisitas ekstrak tersebut, sehingga dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan produk pangan fungsional dan obat tradisional berbasis tanaman lokal Indonesia.

METODE

Studi ini menggunakan uji eksperimental dengan analisis kualitatif dan semi kuantitatif yang mencakup uji *in vitro* dan *bioassay*. Sampel kubis ungu yang digunakan dalam studi ini diperoleh dari wilayah Jawa Barat, Indonesia (Gambar 1). Pengujian *in vitro* meliputi penapisan fitokimia, analisa kandungan total fenolik, serta penilaian kapasitas total antioksidan menggunakan metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP) dan *2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)*

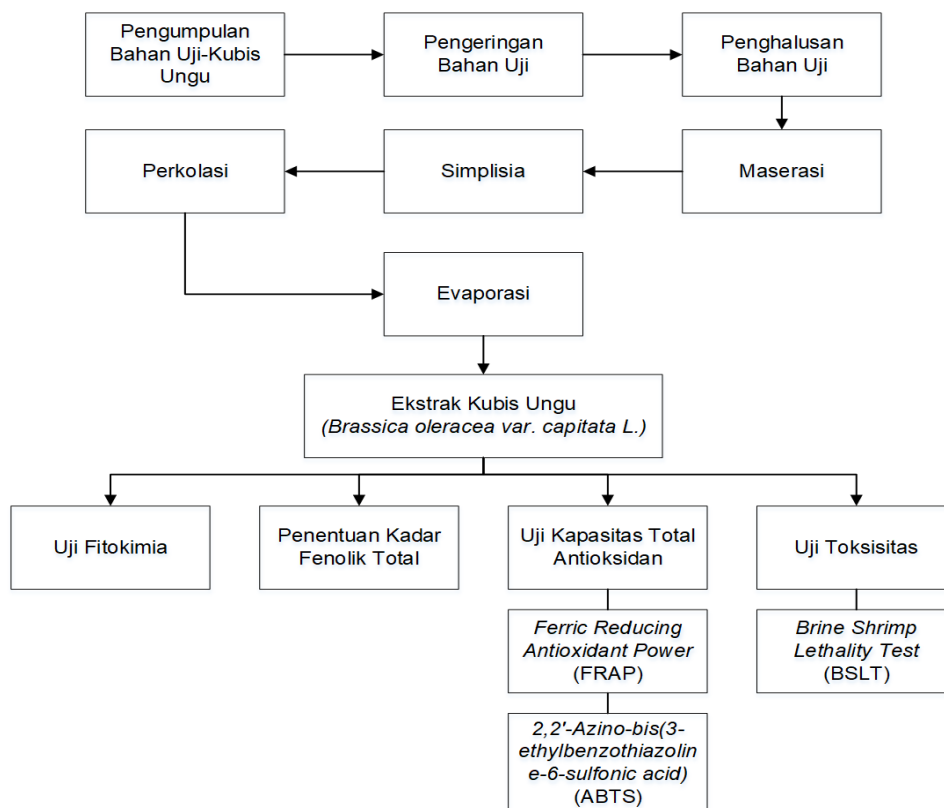
(ABTS). Sementara itu, uji *bioassay* dilakukan melalui pengujian toksisitas sederhana melalui metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) dengan menggunakan larva udang air laut (*Artemia salina*) sebagai organisme uji.



Gambar 1. Sampel kubis ungu yang dikeringkan

Ekstraksi Kubis Ungu

Kubis ungu kemudian diseleksi dan dikeringkan pada suhu ruang dalam kondisi terlindung dari paparan langsung sinar matahari. Proses pengeringan berlangsung selama 4-5 hari hingga terjadi perubahan warna pada kubis menjadi warna ungu gelap (Gambar 1). Kubis ungu yang telah kering, kemudian dihaluskan dan disaring untuk memperoleh serbuk simplisia. Selanjutnya, dilakukan proses maserasi dengan mencampurkan 66.84 gram simplisia ke dalam 80 mL metanol secara bertahap dan merata, kemudian dilanjutkan proses perkolasi dan diinkubasi selama 24 jam. Ekstrak kemudian dikoleksi dengan laju 1 mL/menit, sambil ditambahkan metanol secara bertahap hingga tetesan perkolasi berubah menjadi pudar. Ekstrak metanol yang didapat selanjutnya diuapkan menggunakan mesin *rotary evaporator* untuk memisahkan pelarut metanol, sehingga diperoleh ekstrak kental hasil perkolasi.



Gambar 2. Alur penelitian uji *in vitro* dan *bioassay* ekstrak kubis ungu

Penapisan Fitokimia

Beberapa uji untuk penapisan fitokimia terhadap ekstrak kubis ungu dilakukan secara kualitatif untuk mendeteksi keberadaan berbagai senyawa metabolit sekunder, antara lain alkaloid, antosianin-betasianin, *cardiac glycosides*, kumarin, flavonoid, glikosida, fenolik, kuinon, saponin, steroid, terpenoid, dan tanin (Sharma & Kaushik, 2021).

Uji alkaloid dilakukan dengan pereaksi Meyer dan Dragendorff pada ekstrak kubis ungu hasil perlakuan HCl 1%, pemanasan, dan penyaringan; endapan putih keruh (tabung pertama) dan jingga (tabung kedua) menunjukkan hasil positif (Sabdoningrum *et al.*, 2021). Uji antosianin dan betasianin dilakukan dengan menggunakan NaOH 2N, pada suhu 100°C selama 5 menit. Munculnya warna hijau kebiruan menunjukkan keberadaan antosianin, sedangkan warna kuning menandakan adanya betasianin (Utami *et al.*, 2023).

Pada uji *cardiac glycosides*, dilakukan dengan perlakuan ekstrak menggunakan asam asetat glasial, FeCl₃ 5%, dan H₂SO₄ pekat; terbentuknya cincin coklat menunjukkan hasil positif (Maheshwaran *et al.*, 2024). Pada uji kumarin, ekstrak diteteskan pada kertas saring yang sebelumnya telah dibasahi dengan larutan NaOH 1N, dikeringkan, dan diobservasi di bawah sinar ultraviolet (UV); Adanya fluoresensi berwarna kuning mengindikasikan keberadaan senyawa kumarin (Souza *et al.*, 2020). Pada uji flavonoid, dilakukan dengan mereaksikan ekstrak dengan NaOH 1N; perubahan warna menjadi kuning gelap menunjukkan keberadaan senyawa flavonoid (Ahmed *et al.*, 2019).

Uji glikosida dilakukan dengan mereaksikan ekstrak dengan kloroform dan larutan amonium 10%; keberadaan senyawa glikosida ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi merah muda (Maheshwaran *et al.*, 2024). Uji senyawa fenolik dilakukan dengan menggunakan reaksi ekstrak dengan akuades, larutan natrium karbonat (Na₂CO₃) serta reagen *Folin-Ciocalteu*; warna hijau atau biru yang terbentuk menandakan keberadaan fenol pada ekstrak (Pallawagau *et al.*, 2019). Selanjutnya uji kuinon dilakukan dengan perlakuan ekstrak menggunakan larutan H₂SO₄; terbentuknya cincin merah menunjukkan hasil positif adanya kuinon (Maheshwaran *et al.*, 2024).

Uji saponin dilakukan dengan mereaksikan ekstrak kubis ungu dengan air suling panas, didinginkan dan dikocok dengan kuat; pembentukan busa stabil menandakan keberadaan saponin (Marsoul *et al.*, 2020). Pengujian senyawa steroid dilakukan dengan mencampurkan ekstrak dan kloroform di atas piring reaksi, dikeringkan, dan ditambahkan asam asetat glasial serta H₂SO₄; terbentuknya warna biru kehijauan menunjukkan hasil positif. Uji terpenoid menggunakan prosedur yang sama dengan uji steroid, namun indikator positif berupa cincin merah muda, merah, atau coklat kemerahan (Panchal-Mital & Jha, 2021). Uji tanin dilakukan dengan memanaskan ekstrak kubis ungu dalam air suling, disaring, direaksikan dengan larutan FeCl₃ 5%; perubahan warna menjadi hijau kecoklatan menandakan keberadaan tanin (Maheshwaran *et al.*, 2024).

Uji Kadar Fenolik Total

Penentuan kandungan total fenolik dilakukan berdasarkan metode Singleton & Rossi yang telah dimodifikasi (Marsoul *et al.*, 2020). Ekstrak kubis ungu sebanyak 0.3 gram terlebih dahulu diencerkan dengan campuran metanol dan air (1:1) hingga volume akhir mencapai 10 mL. Dari larutan tersebut, sebanyak 0.2 mL diambil dan dicampurkan dengan 15.8 mL akuades serta 1 mL reagen *Folin-Ciocalteu*, kemudian campuran tersebut diinkubasi dalam kondisi gelap selama 8 menit. Setelah itu,

ditambahkan larutan Na_2CO_3 20% sebanyak 3 mL, kemudian campuran tersebut dihomogenisasi dan dilanjutkan dengan inkubasi pada suhu ruang selama 2 jam. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 765 nm menggunakan spektrofotometer (*genesys 30-Vis*). Konsentrasi total senyawa fenolik dalam sampel dikalkulasi berdasarkan kurva standar asam galat, yang dibuat dengan konsentrasi bertingkat yaitu 300-, 400-, 500-, 600-, dan 700 $\mu\text{g/mL}$.

Uji Kapasitas Total Antioksidan Metode FRAP

Pada uji ini disiapkan larutan pereaksi FRAP (Benzie & Devaki, 2017) dengan melarutkan 187 mg natrium asetat trihidrat dalam 16 mL asam asetat dan akuades hingga volume total mencapai 250 mL. Selanjutnya, 150 mg 2,4,6-tri(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) dilarutkan dalam larutan HCl 40 mM hingga volume mencapai 50 mL, dan 270 mg $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan menggunakan akuades hingga volume total mencapai 100 mL. Ketiga larutan tersebut kemudian dicampurkan dengan perbandingan volume masing-masing: 25 mL larutan natrium asetat, 2.5 mL larutan TPTZ, dan 2.5 mL larutan FeCl_3 , lalu diencerkan menggunakan akuades hingga mencapai total volume 100 mL. Untuk kontrol, campuran terdiri dari 3 mL larutan FRAP dan 1 mL metanol, lalu absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 594 nm menggunakan spektrofotometer Genesys 30-Vis.

Pada pengukuran kapasitas total antioksidan pada sampel, sebanyak 3 mL larutan sampel dengan konsentrasi bertingkat (10-, 15-, 20-, 25-, dan 30 $\mu\text{g/mL}$) masing-masing dicampurkan dengan 1 mL larutan FRAP. Setelah itu, dilakukan inkubasi pada campuran larutan tersebut selama 10 menit, 37°C. Absorbansi sampel kemudian diukur pada panjang gelombang 594 nm menggunakan spektrofotometer. Sebagai pembanding, digunakan Trolox dengan konsentrasi bertingkat yaitu 5-, 10-, 15-, 20-, dan 25 $\mu\text{g/mL}$. Pengujian dan pengukuran sampel dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*). Persentase aktivitas antioksidan dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Persentase Inhibisi (\%)} = \frac{\text{Abs. Uji } (\lambda) - \text{Abs. Kontrol } (\lambda)}{\text{Abs. Uji } (\lambda)} \times 100\%$$

Nilai IC_{50} dihitung berdasarkan kurva persentase inhibisi terhadap ekstrak, nilai yang didapatkan merupakan konsentrasi senyawa yang diperlukan untuk mereduksi 50% ion Fe^{3+} . Pada uji ini juga dihitung nilai koefisien *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity* (TEAC) dari ekstrak menggunakan kurva standar Trolox (kurva absorbansi terhadap konsentrasi). Koefisien ini menyatakan rasio konsentrasi dari ekstrak dan Trolox untuk mencapai kapasitas antioksidan yang sama (Apak *et al.*, 2016).

Uji Kapasitas Total Antioksidan dengan Metode ABTS

Pada uji ini larutan ABTS (Wolosiak *et al.*, 2022) disiapkan dengan melarutkan masing-masing sebanyak 7.1 mg serbuk ABTS dan 3.5 mg serbuk kalium persulfat yang dalam 5 mL akuades, lalu diinkubasi pada kondisi gelap selama 12 jam. Kemudian, kedua larutan tersebut dicampurkan, lalu diencerkan dengan akuades hingga mencapai volume akhir 25 mL. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 734 nm menggunakan spektrofotometer dan digunakan sebagai absorbansi kontrol.

Untuk pengukuran kapasitas antioksidan sampel, ekstrak diuji pada konsentrasi bertingkat yaitu 10-, 15-, 20-, 25-, dan 30 $\mu\text{g/mL}$. Sebagai pembanding, digunakan larutan standar Trolox pada konsentrasi 5-, 10-, 15-, 20-, dan 25 $\mu\text{g/mL}$. Sebanyak 250 μL dari setiap konsentrasi sampel atau Trolox tersebut dicampur dengan 250 μL larutan ABTS di dalam tabung reaksi. Pengukuran dilakukan secara *triplo*.

$$\text{Persentase Inhibisi (\%)} = \frac{\text{Abs. Kontrol } (\lambda) - \text{Abs. Uji } (\lambda)}{\text{Abs. Kontrol } (\lambda)} \times 100\%$$

Nilai IC₅₀ dan TEAC dihitung dengan menggunakan cara yang sama seperti pada metode FRAP. Nilai IC₅₀ yang diperoleh menunjukkan konsentrasi senyawa yang diperlukan untuk mereduksi 50% kation radikal ABTS.

Uji Toksisitas dengan Metode BSLT

Pengujian toksisitas sederhana ini dilakukan dengan menggunakan larva udang laut (*Artemia salina*) yang telah ditetaskan selama 48 jam di bawah pencahayaan lampu (Waghulde *et al.*, 2020). Sebanyak 20 mg ekstrak kubis ungu dilarutkan dengan 1 tetes air ragi, 1 tetes *dimethyl sulfoxide* (DMSO), dan 10 mL air laut yang telah difilter dan digunakan sebagai larutan stok dengan konsentrasi 2000 µg/mL. Larutan stok tersebut kemudian dibuat dalam seri konsentrasi bertingkat, yaitu 50-, 100-, 200-, 300-, 400-, dan 500 µg/mL. Setiap larutan pada konsentrasi tersebut diencerkan menggunakan air laut yang telah disaring hingga mencapai volume akhir sebesar 1 mL. Selanjutnya, masing-masing tabung reaksi yang telah berisi larutan uji diberi 10 buah larva *Artemia salina*. Tabung-tabung tersebut kemudian diinkubasi di bawah pencahayaan selama 24 jam. Setelah periode inkubasi selesai, jumlah larva yang masih hidup dan yang mati dihitung untuk setiap konsentrasi uji. Sebagai kontrol, digunakan larva di dalam air laut dan pelarut DMSO pada uji ini.

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{\text{Akumulasi larva mati}}{\text{Akumulasi larva uji (hidup + mati)}} \times 100\%$$




Nilai LC₅₀ dihitung menggunakan kurva log konsentrasi ekstrak terhadap persentase mortalitas larva udang. Nilai LC₅₀ yang diperoleh menunjukkan konsentrasi ekstrak yang diperlukan untuk menyebabkan kematian pada 50% populasi larva *Artemia salina* yang diuji.










HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Fitokimia Ekstrak Kubis Ungu

Analisis fitokimia adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi dan mengenali jenis-jenis senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam suatu tanaman. Penapisan fitokimia dilakukan dengan melakukan dengan menggunakan pereaksi warna untuk mengamati perubahan warna yang terjadi saat ekstrak tumbuhan bereaksi (Shaikh & Patil, 2020). Dalam studi ini, dilakukan sebanyak 12 jenis uji untuk mengetahui kandungan senyawa fitokimia dalam ekstrak kubis ungu. Berdasarkan hasil pengujian, ekstrak kubis ungu diketahui mengandung alkaloid, antosianin, *cardiac glycosides*, kumarin, flavonoid, glikosida, fenol, kuinon, saponin, terpenoid, serta tanin (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan fitokimia ekstrak kubis ungu

Uji Kualitatif Fitokimia	Hasil Uji	Gambaran Hasil
Alkaloid	Positif (endapan putih keruh dan jingga)	
Antosianin	Positif (hijau kebiruan)	
<i>Cardiac glycosides</i>	Positif (cincin coklat)	

Uji Kualitatif Fitokimia	Hasil Uji	Gambaran Hasil
Kumarin	Positif (fluoresensi kuning)	
Flavonoid	Positif (kuning gelap)	
Glikosida	Positif (merah muda)	
Fenolik	Positif (hijau/biru)	
Kuinon	Positif (cincin merah)	
Saponin	Positif (busa stabil)	
Steroid	Negatif	
Terpenoid	Positif (cincin merah)	
Tanin	Positif (hijau kecoklatan)	

Hasil tersebut sejalan dengan temuan beberapa penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa terdapat kandungan antosianin, alkaloid, glikosida, kuinon, flavonoid, terpenoid, saponin, serta tanin dalam ekstrak kubis ungu (Meirista *et al.*, 2025; Rizal & Anzani, 2025). Berbagai senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada kubis ungu memiliki beragam aktivitas biologis, seperti antiinflamasi, antimikroba, analgesik, antioksidan, dan antikanker (Bocso & Butnariu, 2022; Zayed *et al.*, 2023). Kandungan antioksidan dalam ekstrak kubis ungu bermanfaat dalam mencegah penuaan kulit akibat stress oksidatif serta melindungi dari paparan sinar ultraviolet (Rizal & Anzani, 2025). Selain itu, senyawa fenolik juga memiliki manfaat sebagai antiinflamasi dan antimikroba (Zayed *et al.*, 2023). Sedangkan, senyawa terpenoid pada kubis ungu dapat digunakan sebagai antiseptik (Burda *et al.*, 2021). Di luar manfaat di bidang kesehatan, senyawa metabolit sekunder seperti antosianin dalam kubis ungu juga dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami dalam industri makanan (Ghareaghajlou *et al.*, 2021). Akan tetapi, dalam studi ini, senyawa steroid tidak terdeteksi dalam ekstrak kubis ungu. Hasil ini berbeda dengan beberapa penelitian lainnya yang melaporkan keberadaan senyawa steroid dalam ekstrak tersebut (Chauhan *et al.*, 2016; Waghulde *et al.*, 2018). Variasi dalam kandungan fitokimia seperti dalam hal kandungan steroid ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti iklim, kondisi tumbuh, tingkat salinitas, serta faktor abiotik lainnya (Borges *et al.*, 2018). Senyawa antioksidan yang paling dominan pada kubis ungu adalah antosianin yang juga ditunjukkan oleh warna yang cerah pada kubis ungu (Nguyen *et al.*, 2020). Antosianin memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan seperti bagus untuk kesehatan mata, memiliki efek antimikroba, aktivitas antikanker, serta dapat bermanfaat sebagai antidiabetes (Tena *et al.*, 2020). Meskipun demikian uji yang dilakukan masih bersifat kualitatif dan deskriptif sehingga diperlukan uji lebih lanjut yang bersifat kuantitatif agar hubungan antara kandungan senyawa bioaktif dengan hasil uji aktivitas antioksidan dapat lebih jelas tergambar.

Kadar Fenolik Total pada Ekstrak Kubis Ungu

Kelompok senyawa fenolik termasuk dalam golongan metabolit sekunder yang paling banyak ditemukan dalam berbagai jenis tumbuhan. Senyawa ini memiliki aktivitas sebagai antioksidan dengan cara bereaksi terhadap ROS (*Reactive Oxygen Species*), sehingga mampu mencegah terjadinya stres oksidatif yang dapat menyebabkan kerusakan mikrovaskular dan jaringan akibat produksi radikal bebas yang berlebihan (Shi *et al.*, 2022). Dalam studi ini, kadar senyawa fenolik yang terdeteksi pada ekstrak kubis ungu adalah sebesar 894.9 $\mu\text{g/mL}$ atau setara dengan 29.8 mgGAE/gram (Tabel 2).

Tabel 2. Kadar fenolik dari ekstrak metanol kubis ungu

Rata-rata Absorbansi	Kadar Fenolik ($\mu\text{g/mL}$)	Kadar Fenolik Total (mgGAE/gram)
0.568 \pm 0.005	894.9 \pm 8.73	29.8 \pm 0.24

Kadar fenolik total yang diperoleh dalam penelitian ini berbeda dari hasil penelitian sebelumnya dimana pada ekstrak etanol kubis ungu terdapat kadar fenolik sebesar 51.45 mgGAE/g (Gultom *et al.*, 2021). Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti perbedaan lokasi tumbuh dari sampel serta variasi dalam metode ekstraksi yang digunakan dalam pengujian kadar total fenolik (Eseberri *et al.*, 2022). Cruz *et al.* (2016) melakukan identifikasi senyawa fenolik dalam ekstrak metanol kubis ungu, ditemukan sekitar 8 jenis senyawa fenolik diantaranya adalah *epicatechin*, *cinnamic acid*, dan *galocatechin* (Cruz *et al.*, 2016). Senyawa fenolik dapat bermanfaat sebagai antimikroba. Lebih lanjut lagi, ekstrak fenolik asal kubis ungu telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, serta *Staphylococcus aureus* (Mansour *et al.*, 2021).

Kapasitas Total Antioksidan Ekstrak Kubis Ungu

Penelitian ini menggunakan dua pendekatan untuk mengevaluasi kapasitas antioksidan, yakni metode FRAP dan ABTS. Uji FRAP dipilih karena prosedurnya yang mudah, sensitif, serta dapat digunakan untuk berbagai jenis sampel biologis termasuk ekstrak tumbuhan. Namun kelemahan dari uji ini adalah kurang spesifitas, karena hanya mengukur kemampuan antioksidan dalam mereduksi ion Fe^{3+} (Bibi Sadeer *et al.*, 2020). Sementara, uji ABTS memiliki keunggulan dalam fleksibilitasnya, sehingga cocok untuk berbagai jenis sampel. Metode ini lebih tahan terhadap interferensi dari sampel berwarna, karena menggunakan panjang gelombang yang lebih tinggi. Namun keterbatasan uji ABTS adalah bahwa radikal ABTS tidak dapat ditemukan secara alami sehingga kurang merepresentasikan kondisi *in vivo* (Bibi Sadeer *et al.*, 2020; Rumpf *et al.*, 2023). Oleh karena itu kedua uji ini digunakan untuk mendapatkan gambaran kapasitas antioksidan yang lebih komprehensif.

Kapasitas total antioksidan dengan metode FRAP

Metode FRAP digunakan untuk menentukan kapasitas antioksidan total dalam suatu ekstrak tumbuhan dengan cara mengevaluasi kemampuannya dalam mereduksi ion Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} (Shah & Modi, 2015). Proses reduksi ini menyebabkan kompleks Fe^{3+} yang semula tidak berwarna berubah menjadi kompleks Fe^{2+} berwarna biru. Pada penelitian ini, ekstrak kubis ungu menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 13.42 $\mu\text{g/mL}$ (Tabel 3). Sebagai pembanding, senyawa standar Trolox memiliki nilai IC_{50} sebesar 10.54 $\mu\text{g/mL}$. Nilai IC_{50} yang didapatkan pada ekstrak kubis ungu cukup sebanding dengan Trolox, sehingga dapat disimpulkan ekstrak kubis ungu memiliki kemampuan yang sangat kuat untuk mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Lebih lanjut lagi bila dihitung nilai

Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC), didapatkan hasil bahwa ekstrak kubis ungu memiliki kapasitas antioksidan 0.375 kali dari Trolox.

Tabel 3. Hasil uji FRAP ekstrak kubis ungu

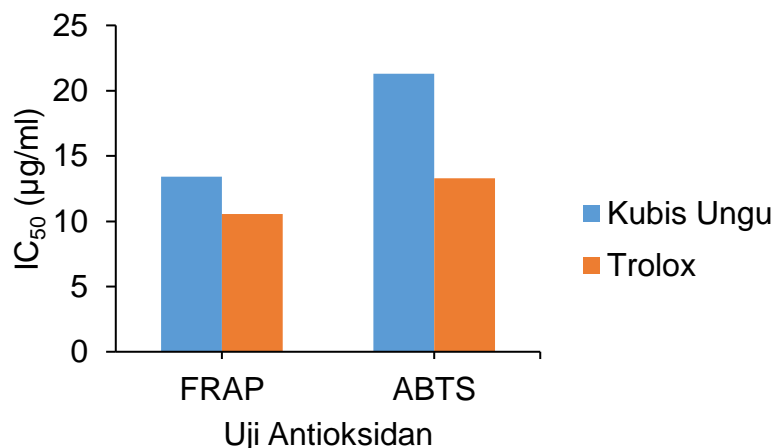
Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Persentase Inhibisi (%)	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
10	40.299 \pm 3.290	13.42
15	52.381 \pm 2.273	
20	69.466 \pm 0.611	
25	78.610 \pm 0.415	
30	84.127 \pm 0.189	

Kapasitas total antioksidan dengan metode ABTS

Selain metode FRAP, kapasitas antioksidan juga dianalisis menggunakan metode ABTS, yang mengukur kemampuan senyawa antioksidan dalam mendonorkan proton untuk menstabilkan radikal ABTS (Wolosiak *et al.*, 2022). Aktivitas antioksidan ditunjukkan oleh perubahan warna larutan dari biru kehijauan menjadi tidak berwarna. Berdasarkan hasil analisis, ekstrak kubis ungu menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 21.28 $\mu\text{g/mL}$ (Tabel 4). Sebagai pembandingan, senyawa standar Trolox menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 13.27 $\mu\text{g/mL}$. Meskipun ekstrak kubis ungu memiliki nilai IC_{50} yang lebih tinggi dibandingkan dengan Trolox, hasil ini tetap menunjukkan kemampuan yang sangat kuat dalam mereduksi kation radikal ABTS. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan nilai IC_{50} dari ekstrak metanol kubis ungu sebesar 20.68 $\mu\text{g/mL}$ (Chaiyasut *et al.*, 2016). Pada uji ini, didapatkan nilai TEAC yaitu bahwa ekstrak kubis ungu memiliki kapasitas antioksidan 0.485 kali dari Trolox.

Tabel 4. Hasil uji ABTS ekstrak kubis ungu

Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Persentase Inhibisi (%)	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
10	16.302 \pm 0.643	21.28
15	31.630 \pm 1.060	
20	44.769 \pm 0.878	
25	60.584 \pm 1.115	
30	77.372 \pm 0.973	



Gambar 3. Perbandingan nilai IC_{50} kubis ungu dan Trolox pada uji antioksidan

Kekuatan aktivitas antioksidan dari suatu senyawa dikategorikan sebagai berikut yaitu nilai IC_{50} yang dimilikinya yaitu $<50 \mu\text{g/mL}$ (sangat kuat), $50\text{-}100 \mu\text{g/mL}$ (kuat), $101\text{-}150 \mu\text{g/mL}$ (sedang), $150\text{-}200 \mu\text{g/mL}$ (lemah), dan $>200 \mu\text{g/mL}$ (sangat lemah) (Jumina *et al.*, 2019; Sukweenadhi *et al.*, 2020). Pada umumnya, semakin kecil nilai IC_{50} , maka semakin besar kemampuan antioksidan yang dimiliki oleh senyawa tersebut (Budaraga & Putra, 2021). Berdasarkan hasil dari kedua metode pengujian kapasitas antioksidan (FRAP dan ABTS), nilai IC_{50} ekstrak kubis ungu berada dalam kategori $<50 \mu\text{g/mL}$, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai antioksidan dengan aktivitas sangat kuat (Gambar 3). Hasil ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menyatakan bahwa kubis ungu memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi (Vega-Galvez *et al.*, 2023). Kapasitas antioksidan dari senyawa asal tumbuhan akan memberikan hasil yang bervariasi antar penelitian karena berbagai faktor seperti tempat tumbuh dan metode ekstraksi yang digunakan (Zehiroglu & Ozturk Sarikaya, 2019). Aktivitas antioksidan yang tinggi pada kubis ungu seringkali dikaitkan dengan kandungan antosianin yang melimpah. Antosianin telah terbukti dapat mencegah stres oksidatif melalui reduksi kadar *malondialdehyde* (MDA) (Haris *et al.*, 2021).

Nilai IC_{50} pada uji FRAP lebih rendah dibandingkan pada uji ABTS, hal ini dapat dikaitkan dengan kandungan senyawa antosianin yang tinggi pada kubis ungu. Antosianin merupakan senyawa fenolik yang memiliki kemampuan donor elektron yang sangat baik sehingga lebih sensitif pada uji FRAP (Chaves *et al.*, 2020). Selain itu uji FRAP juga lebih sensitif bila dibandingkan dengan uji ABTS, karena FRAP mengukur kapasitas antioksidan berdasarkan mekanisme transfer elektron pada kondisi asam, sehingga lebih sensitif pada senyawa pereduksi kuat seperti antosianin. Di sisi lain, ABTS melibatkan kombinasi transfer elektron dan *hydrogen atom transfer*, yang menyebabkan beberapa senyawa bioaktif bereaksi kurang optimal dan menghasilkan nilai IC_{50} yang lebih tinggi bila dibandingkan pada uji FRAP (Bibi Sadeer *et al.*, 2020; Rumpf *et al.*, 2023). Implikasi dari hasil ini menegaskan bahwa kubis ungu memiliki kapasitas reduktif yang tinggi dan memiliki potensi yang kuat sebagai sumber antioksidan alami. Namun masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut yang lebih komprehensif seperti identifikasi senyawa yang berperan dalam aktivitas antioksidan ini.

Uji Toksisitas BSLT Ekstrak Kubis Ungu

Metode BSLT merupakan salah satu *bioassay* yang digunakan sebagai metode skrining awal untuk mengevaluasi potensi toksisitas dan efikasi biologis dari suatu bahan alam (Waghulde *et al.*, 2020). Metode ini banyak digunakan karena relatif sederhana, cepat, serta ekonomis. Larva udang *Artemia salina* yang digunakan dalam uji ini telah diketahui memiliki sensitivitas cukup tinggi terhadap keberadaan senyawa toksik. Pada pengujian toksisitas ekstrak kubis ungu dalam studi ini, diperoleh nilai LC_{50} sebesar $153.87 \mu\text{g/mL}$ (Tabel 5). Sedangkan, pada larva *A. Salina* yang dibiakkan dalam air laut dan DMSO (kontrol negatif) didapatkan hasil seluruh larva hidup. Berdasarkan klasifikasi toksisitas, suatu senyawa dapat digolongkan sebagai toksik apabila nilai LC_{50} yang dimilikinya kurang dari $1000 \mu\text{g/mL}$, dan dengan demikian memiliki potensi sebagai agen antikanker (Aprian *et al.*, 2023; Zakwan *et al.*, 2023). Oleh karena itu, ekstrak kubis ungu asal Jawa Barat ini dapat dikatakan memiliki sifat toksisitas yang kuat dan berpotensi sebagai antikanker. Hasil ini juga diperkuat oleh studi sebelumnya yang melaporkan nilai LC_{50} sebesar $131 \mu\text{g/mL}$ pada uji toksisitas dari ekstrak etanol kubis ungu (Hasanah, 2018). Selain itu, penelitian lain telah menunjukkan efek sitotoksik dari ekstrak kubis ungu terhadap beberapa sel kanker diantaranya Caco-2 (sel epitel adenokarsinoma kolorektal manusia), KYSE-20 (*human esophageal squamous carcinoma cell*), dan MCF-7 (sel epitel kanker payudara).

manusia) (Tajalli *et al.*, 2020). Lebih lanjut lagi ekstrak kubis ungu juga menunjukkan aktivitas anti-proliferatif terhadap sel A549 (sel kanker paru-paru manusia) (Zafar *et al.*, 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa ekstrak kubis ungu asal Jawa Barat, Indonesia juga memiliki potensi antikanker yang menjanjikan, yang dapat dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktifnya seperti fenolik serta antosianin (Tajalli *et al.*, 2020).

Tabel 5. Hasil uji BSLT ekstrak kubis ungu

Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Log Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Mortalitas (%)	LC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)
50	1.70	12.727	
100	2.00	30.000	
200	2.30	53.061	153.87
300	2.48	73.077	
400	2.60	89.831	
500	2.70	98.630	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ekstrak kubis ungu asal Jawa Barat kaya akan beragam senyawa fitokimia yang berpotensi untuk dimanfaatkan di berbagai bidang seperti kesehatan dan pangan. Selain kandungan fitokimia yang melimpah, aktivitas antioksidan yang kuat ($\text{IC}_{50} < 50 \mu\text{g/mL}$), memperlihatkan potensi ekstrak ini sebagai sumber antioksidan alami. Hasil uji BSLT menunjukkan tingkat toksisitas sedang, yang memberikan dasar ilmiah untuk eksplorasi lebih lanjut sebagai kandidat antikanker. Oleh karena itu, kubis ungu asal Jawa Barat berpotensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai obat herbal terstandar dengan khasiat antioksidan dan harga terjangkau.

REKOMENDASI

Kubis ungu merupakan bahan pangan yang umum dikonsumsi, namun potensi fungsionalnya sebagai sumber antioksidan alami masih perlu dikaji lebih lanjut. Metode DPPH banyak digunakan oleh penelitian sebelumnya untuk mengukur aktivitas antioksidan, sementara penggunaan metode FRAP dan ABTS masih terbatas. Oleh karena itu, kombinasi ketiga metode ini diharapkan dapat memberikan gambaran lebih komprehensif mengenai fitur antioksidan dari kubis ungu dan menjadi dasar untuk pengujian lanjutan, termasuk penentuan konsentrasi optimal dan uji *in vivo* pada hewan coba.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada kepada Ibu Eny Yulianti dari Laboratorium Bagian Biokimia dan Biologi Molekuler Universitas Tarumanagara atas bimbingan dan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini, serta Staf Laboratorium Tarumanagara Human Cell Technology atas bantuan dan fasilitas yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, M., Ji, M., Qin, P., Gu, Z., Liu, Y., Sikandar, A., Iqbal, M. F., & Javeed, A. (2019). Phytochemical screening, total phenolic and flavonoids contents and antioxidant activities of *Citrullus colocynthis* L. and *Cannabis sativa* L. *Appl. Ecol. Environ. Res*, 17(3), 6961–6979.

- Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(5), 997–1027. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04739>
- Aprian, F. D., Syamsudin, S., Zaidan, S., Susanti, D., & Hakim, Z. R. (2023). BSLT Toxicity Test Of Temulawak Ethanol Extract (*Curcuma Xanthorrhiza*) From Five Different Regions And Determination Of Curcumin And Xanthorhizol Compound Levels. *OPSearch: American Journal of Open Research*, 2(12), 828–838.
- Ashfaq, F., Butt, M. S., Bilal, A., Tehseen, S., & Suleria, H. A. R. (2020). Comparative Assessment of Free Radical Scavenging Ability of Green and Red Cabbage Based on Their Antioxidant Vitamins and Phytochemical Constituents. *Current Bioactive Compounds*, 16(8), 1231–1241. <https://doi.org/10.2174/1573407216666200127130014>
- Benzie, I. F. F., & Devaki, M. (2017). The ferric reducing/antioxidant power (FRAP) assay for non-enzymatic antioxidant capacity: Concepts, procedures, limitations and applications. *Measurement of Antioxidant Activity and Capacity: Recent Trends and Applications*, 77–106. <https://doi.org/10.1002/9781119135388.ch5>
- Bibi Sadeer, N., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., & Mahomoodally, M. F. (2020). The Versatility of Antioxidant Assays in Food Science and Safety—Chemistry, Applications, Strengths, and Limitations. *Antioxidants*, 9(8), 709. <https://doi.org/10.3390/antiox9080709>
- Bocso, N.-S., & Butnariu, M. (2022). The biological role of primary and secondary plants metabolites. *Journal of Nutrition and Food Processing*, 5(3), 1–7.
- Borges, C. V., Junior, S. S., Ponce, F. S., & Lima, G. P. P. (2018). Agronomic Factors Influencing Brassica Productivity and Phytochemical Quality. *Brassica Germplasm - Characterization, Breeding and Utilization*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74732>
- Budaraga, I. K., & Putra, D. P. (2021). Analysis antioxidant IC50 liquid smoke of cocoa skin with several purification methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012053>
- Burda, N., Protska, V., Fedosov, A., Kuznetsova, M., Zhuravel, I., Dababneh, M. F., Budanova, L., & Dobrovolnyi, O. (2021). The study of volatile fractions of Cabbage leaves (*Brassica oleracea* L. convar. capitata (L.) Alef. var. alba DC.) and determination of its antibacterial and antifungal activity:(TJPS-2020-0151). *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences (TJPS)*, 45(4).
- Chaiyasut, C., Sivamaruthi, B. S., Pengkumsri, N., Sirilun, S., Peerajan, S., Chaiyasut, K., & Kesika, P. (2016). Anthocyanin Profile and Its Antioxidant Activity of Widely Used Fruits, Vegetables, And Flowers in Thailand. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(6), 218. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2016.v9i6.14245>
- Chauhan, E. S., Tiwari, A., & Singh, A. (2016). Phytochemical screening of red cabbage (*Brassica oleracea*) powder and juice-A comparative study. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4(5), 196–199.
- Chaves, N., Santiago, A., & Alías, J. C. (2020). Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. *Antioxidants*, 9(1), 76. <https://doi.org/10.3390/antiox9010076>
- Cruz, A. B., Pitz, H. da S., Veber, B., Bini, L. A., Maraschin, M., & Zeni, A. L. B. (2016). Assessment of bioactive metabolites and hypolipidemic effect of polyphenolic-rich red cabbage extract. *Pharmaceutical Biology*, 54(12), 3033–3039. <https://doi.org/10.1080/13880209.2016.1200633>

- Damayanti, P. G., Mustofa, A., & Karyantina, M. (2023). Aktivitas Antioksidan Nata dengan Substrat Dami Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam) dan Kubis Ungu (*Brassica oleracea* L var. *capitata*). *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), 124–134. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2023.12.2.124>
- Eseberri, I., Trepiana, J., Léniz, A., Gómez-García, I., Carr-Ugarte, H., González, M., & Portillo, M. P. (2022). Variability in the Beneficial Effects of Phenolic Compounds: A Review. *Nutrients*, 14(9), 1925. <https://doi.org/10.3390/nu14091925>
- Ghareaghajlou, N., Hallaj-Nezhadi, S., & Ghasempour, Z. (2021). Red cabbage anthocyanins: Stability, extraction, biological activities and applications in food systems. *Food Chemistry*, 365, 130482.
- Gultom, D. K., Saraswati, I., & Sasikirana, W. (2021). Penetapan Kandungan Fenolik Total dan Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH (2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil) Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanolik Kubis Ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L). *Generics: Journal of Research in Pharmacy*, 1(2), 79–87.
- Haris, N. H., Nugroho, T., Utomo, A. W., & Yora Nindita. (2021). The effect of red cabbage extract to serum MDA levels in rats after maximum physical activity. *Indonesian Journal of Pharmacology and Therapy*, 2(3), 97–103. <https://doi.org/10.22146/ijpther.1117>
- Hasanah, N. (2018). Uji Toksisitas Ekstrak Etanol Daun Kubis (*Brassica Oleracea* Var *Capitata* L) Dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (Bslt). *Edu Dharma Journal: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 81–91.
- Jumina, J., Siswanta, D., Zulkarnain, A. K., Triono, S., Priatmoko, P., Yuanita, E., Fatmasari, N., & Nursalim, I. (2019). Development of C-Arylcaxix[4]resorcinarenes and C-Arylcaxix[4]pyrogallolarenes as Antioxidant and UV-B Protector. *Indonesian Journal of Chemistry*, 19(2), 273. <https://doi.org/10.22146/ijc.26868>
- Maheshwaran, L., Nadarajah, L., Senadeera, S. P. N. N., Ranaweera, C. B., Chandana, A. K., & Pathirana, R. N. (2024). Phytochemical Testing Methodologies and Principles for Preliminary Screening/ Qualitative Testing. *Asian Plant Research Journal*, 12(5), 11–38. <https://doi.org/10.9734/aprj/2024/v12i5267>
- Mansour, K. A., Moustafa, S. F., & Abdelkhalik, S. M. (2021). High-resolution uplc-ms profiling of anthocyanins and flavonols of red cabbage (*Brassica oleracea* l. var. *capitata* f. *rubra* dc.) cultivated in egypt and evaluation of their biological activity. *Molecules*, 26(24). <https://doi.org/10.3390/molecules26247567>
- Marsoul, A., Ijjaali, M., Elhajjaji, F., Taleb, M., Salim, R., & Boukir, A. (2020). Phytochemical screening, total phenolic and flavonoid methanolic extract of pomegranate bark (*Punica granatum* L): Evaluation of the inhibitory effect in acidic medium 1 M HCl. *Materials Today: Proceedings*, 27(xxxx), 3193–3198. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.202>
- Meirista, I., Mariska, R. P., & Fahrul, M. (2025). Uji Aktivitas Antioksidan dan Penentuan Nilai SPF Sediaan Eyeshadow Cream Ekstrak Kubis Ungu (*Brassica oleracea* L. Var. *Capitata* f. *rubra*). *Jurnal Pengembangan Ilmu Pengetahuan*, 6(1).
- Minich, D. M. (2019). A Review of the Science of Colorful, Plant-Based Food and Practical Strategies for “Eating the Rainbow.” *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2019, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2019/2125070>
- Nguyen, N. H. K., Le Ngoc, T., PhanThiKieu, L., Tran Thanh, T., & Mai Huynh, C. (2020). Bioactive compounds from red cabbage by microwave-assisted

- extraction: Anthocyanins, total phenolic compounds and the antioxidant activity. *Asian Life Sci*, 12, 172–184.
- Pallawagau, M., Yanti, N. A., Jahiding, M., Kadidae, L. O., Asis, W. A., & Hamid, F. H. (2019). Penentuan Kandungan Fenolik Total Liquid Volatile Matter dari Pirolisis Kulit Buah Kakao dan Uji Aktivitas Antifungi terhadap *Fusarium oxysporum*. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 15(1), 165. <https://doi.org/10.20961/alchemy.15.1.24678.165-176>
- Panchal Mital, D., & Jha, C. V. (2021). Qualitative and quantitative phytochemical screening of three plants stem bark and leaves from sapotaceae family. *Int. J. Multidiscip. Educ. Res*, 6(8), 1–6.
- Rizal, K. R., & Anzani, R. (2025). Pengaruh Variasi Emulgator Terhadap Formulasi dan Stabilitas Fisik Body Scrub Ekstrak Kubis Ungu (*Brassica Oleracea L.*). *SITAWA: Jurnal Farmasi Sains Dan Obat Tradisional*, 4(1), 61–75.
- Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123470. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123470>
- Sabdoningrum, E. K., Hidanah, S., Chusniati, S., & Soeharsono. (2021). Characterization and Phytochemical Screening of Meniran (*Phyllanthus niruri* Linn) Extract's Nanoparticles Used Ball Mill Method. *Pharmacognosy Journal*, 13(6), 1568–1572. <https://doi.org/10.5530/pj.2021.13.200>
- Shah, P., & Modi, H. A. (2015). Comparative Study of DPPH, ABTS and FRAP Assays for Determination of Antioxidant Activity. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 3(6), 636–641.
- Shaikh, J. R., & Patil, M. (2020). Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 603–608. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834>
- Sharma, M., & Kaushik, P. (2021). Vegetable phytochemicals: An update on extraction and analysis techniques. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 36, 102149. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102149>
- Shi, L., Zhao, W., Yang, Z., Subbiah, V., & Suleria, H. A. R. (2022). Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(54), 81112–81129.
- Souza, A. de O., Bessa, D. H. R. F., Fernandes, C. C., Pereira, P. S., Martins, C. H. G., & Miranda, M. L. D. (2020). Phytochemical screening of extracts from *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. (Rutaceae) leaves and their in vitro antioxidant and anti-*Listeria monocytogenes* activities. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 42, e51881. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v42i1.51881>
- Sukweenadhi, J., Yunita, O., Setiawan, F., Kartini, Siagian, M. T., Danduru, A. P., & Avanti, C. (2020). Antioxidant activity screening of seven Indonesian herbal extract. *Biodiversitas*, 21(5), 2062–2067.
- Sun, J., Liu, B., Rustiami, H., Xiao, H., Shen, X., & Ma, K. (2024). Mapping Asia Plants: Plant Diversity and a Checklist of Vascular Plants in Indonesia. *Plants*, 13(16), 2281. <https://doi.org/10.3390/plants13162281>
- Susanti, R. E. E., Nurjanah, A., Safitri, R. E., & A'yun, Q. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Kubis Ungu (*Brassica Oleraceae*) Sebagai Indikator Warna Pada Analisis Hidrokuinon. *Akta Kimia Indonesia*, 4(2), 95. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v4i2.5134>
- Tajalli, F., Saeedi, M., & Malekabadi, A. V. (2020). Anticancer and antioxidant effects

- of red cabbage on three cancerous cell lines and comparison with a normal cell line (HFF-3). *Journal of Genes and Cells*, 6(1), 12–20.
- Tena, N., Martín, J., & Asuero, A. G. (2020). State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants*, 9(5), 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
- Twaij, B. M., & Hasan, M. N. (2022). Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources: Types, Synthesis, and Their Therapeutic Uses. *International Journal of Plant Biology*, 13(1), 4–14. <https://doi.org/10.3390/ijpb13010003>
- Utami, Y. P., Jariah, A., & Mustarin, R. (2023). Determination of UV-Vis Spectrophotometry with Differential pH on Total Anthocyanin Levels of Ethanol Extract of *Cordyline fruticosa* (L.) A. Cheval Leaves. *Pharmaceutical Reports*, 2(1), 10–14. <https://doi.org/10.33096/pharmrep.v2i1.232>
- Vega-Galvez, A., Gomez-Perez, L. S., Zepeda, F., Vidal, R. L., Grunenwald, F., Mejías, N., Pasten, A., Araya, M., & Ah-Hen, K. S. (2023). Assessment of Bio-Compounds Content, Antioxidant Activity, and Neuroprotective Effect of Red Cabbage (*Brassica oleracea* var. *Capitata rubra*) Processed by Convective Drying at Different Temperatures. *Antioxidants*, 12(9), 1789. <https://doi.org/10.3390/antiox12091789>
- Waghulde, S., Kale, M. K., & Patil, V. (2020). *Brine Shrimp Lethality Assay of the Aqueous and Ethanolic Extracts of the Selected Species of Medicinal Plants*. 2, 47. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-23-06703>
- Waghulde, S., Khan, N. A., Gorde, N., Kale, M., Naik, P., & Yewale, R. P. (2018). Comparative Antimicrobial Activity Study of *Brassica oleracea*. *22nd International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry*, 64. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-22-05662>
- Wołosiak, R., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Piecyk, M., Majewska, E., Ciecierska, M., Worobiej, E., & Pakosz, P. (2022). Verification of the conditions for determination of antioxidant activity by abts and dpph assays—a practical approach. *Molecules*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/molecules27010050>
- Zafar, I., Hussain, A. I., Fatima, T., Abdullah Alnasser, S. M., & Ahmad, A. (2022). Inter-Varietal Variation in Phenolic Profile, Sugar Contents, Antioxidant, Anti-Proliferative and Antibacterial Activities of Selected *Brassica* Species. *Applied Sciences*, 12(12), 5811. <https://doi.org/10.3390/app12125811>
- Zakwan, M., Sutriana, A., Nurliana, Asmilia, N., Ammar, M., & Novianti, A. N. (2023). Toxicity Test of Flavonoid Compounds from Ethyl Acetate Extract of Malacca Leaves with Brine Shrimp Lethality Test. *Jurnal Medik Veteriner*, 6(3), 326–330. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol6.iss3.2023.326-330>
- Zayed, A., Sheashea, M., Kassem, I. A. A., & Farag, M. A. (2023). Red and white cabbages: An updated comparative review of bioactives, extraction methods, processing practices, and health benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(24), 7025–7042.
- Zehiroglu, C., & Ozturk Sarikaya, S. B. (2019). The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4757–4774. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03952-x>
- Zhao, Y., Yue, Z., Zhong, X., Lei, J., Tao, P., & Li, B. (2020). Distribution of primary and secondary metabolites among the leaf layers of headed cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Food Chemistry*, 312, 126028. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126028>