

ANALISIS ANTIOKSIDAN TANAMAN PETAI (*PARKIA SPECIOSA*) SECARA *IN VITRO* DAN *IN SILICO*

Jap Mai Cing¹, Muhammad Alfarabi^{1*}, Evy Suryani Arodes²

¹Departemen Biokimia, Fakultas Kedokteran, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta, Indonesia, 13630

²Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta, Indonesia, 13630

Korespondensi: muhammad.alfarabi@uki.ac.id

ABSTRAK

Pangan fungsional merupakan makanan yang memiliki khasiat kesehatan dan aman dikonsumsi secara berkelanjutan dan biasanya berasal dari makanan yang dikonsumsi sehari-hari. Petai (*Parkia speciosa*) merupakan pangan yang banyak menjadi masakan di daerah Indonesia. Biji petai merupakan bagian yang banyak dikaji efek kesehatannya. Namun, tidak banyak laporan ilmiah yang mengkaji mengenai bioaktivitas bagian lain dari tanaman petai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan membandingkan aktivitas antioksidan dari biji, batang, daun, dan kulit polong biji petai. Aktivitas tersebut dilakukan dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Kajian *in silico* juga dilakukan sebagai pendekatan lebih lanjut terhadap aktivitas antioksidannya. Hasil menunjukkan bahwa esktrak dari biji, batang, daun, dan kulit polong biji petai memiliki aktivitas antioksidan dengan kemampuannya menghambat radikal bebas. Aktivitas hambatan ini bernilai 53-68% untuk biji, 74-88% untuk batang, 54-80% untuk daun, dan 73-82% untuk kulit polong biji petai. Hasil analisis *in silico* menunjukkan bahwa kandungan metabolit dari petai yang berpotensi sebagai agen pereduksi radikal bebas adalah *quercetin*. Metabolit ini mampu berinteraksi kuat dengan enzim mieloperoksidase. Oleh karenanya, penelitian ini bermanfaat sebagai informasi ilmiah untuk pengembangan pangan fungsional berbasis petai sebagai antioksidan.

Kata kunci: Antioksidan, Pangan, *Parkia speciosa*, Radikal bebas

ABSTRACT

Functional foods have health benefits and are safe for sustainable consumption. *Parkia speciosa* is a food widely used in Indonesian cuisine and its seeds are the part that has been widely studied for its health effects. However, few scientific reports have examined the bioactivity of other parts of this plant. This study aimed to measure and compare the antioxidant activities of the seeds, stems, leaves, and seed pod skins of *P. speciosa*. This activity was measured using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) method. *In silico* studies were also conducted to investigate the antioxidant activity of the extracts. The results showed that extracts from seeds, stems, leaves, and seed pod skins had antioxidant activity and the ability to inhibit free radicals. This activity was valued at 53-68% for seeds, 74-88% for stems, 54-80% for leaves, and 73-82% for seed pod skins. The results of the *in silico* analysis showed that the metabolite with the potential to act as a free radical-reducing agent is *quercetin*. This metabolite strongly interacts with myeloperoxidase. Therefore, this study provides valuable scientific information for the development of functional foods based on *P. speciosa* as an antioxidant.

Keywords: Antioxidant, Food, *Parkia speciosa*, Free radical

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai sejarah panjang menggunakan

tumbuhan sebagai sumber obat. Sekelompok masyarakat dapat melakukan formulasi tumbuhan secara tradisional untuk pengobatan

yang disebut jamu [1,2]. Masyarakat lainnya mengkonsumsi tumbuhan sebagai sumber pangan fungsional, yaitu makanan yang diproses secara khusus untuk penggunaan kesehatan tertentu dan aman untuk dikonsumsi secara berkelanjutan. Sumber pangan fungsional ini dapat berupa sayuran, buah, yogurt atau yang lainnya dan hal ini sudah menjadi gaya hidup bagi masyarakat untuk mencegah terjadinya penyakit [3–5].

Salah satu sumber pangan yang berasal dari tumbuhan, mudah ditemukan di pasar, dan sering dikonsumsi secara mentah atau dimasak oleh masyarakat adalah petai (*Parkia speciosa*). Tanaman ini sudah banyak dibudidayakan dan dapat tumbuh 10-80 meter di atas permukaan laut [6]. Ekstrak etanol polong biji petai memiliki aktivitas sebagai antioksidan dan anti inflamasi. Esktrak tersebut mengandung 1,2,3-benzenetriol, oxaloacetic acid, epigallocatechin gallate, hyperin, quercetin, dan piperine [7]. Selain itu, polong biji petai bahan alam yang memiliki potensi sebagai anti diabetes. Hal ini ditunjukkan pada aktivitasnya sebagai inhibitor α -glukosidase [8].

Berbagai laporan ilmiah menyatakan bahwa sebagian besar pangan fungsional memiliki bioaktivitas antioksidan [9]. Oleh karenanya, pangan fungsional dapat menghambat radikal bebas, yaitu molekul tidak stabil karena adanya elektron yang tidak berpasangan pada posisi valensinya pada atom-atom penyusun molekul tersebut [10]. Molekul ini dapat diproduksi baik dari reaksi organik maupun anorganik dan dapat bersumber dari dalam atau luar tubuh. Radikal bebas dapat mengganggu molekul stabil lainnya selama proses metabolisme untuk menstabilkan elektronnya. Oleh karena itu, radikal bebas dapat menyebabkan kerusakan pada struktur dan fungsi molekul, sel, dan organ. Kerusakan yang terjadi dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit seperti penuaan, kanker, dan penyakit degeneratif lainnya [11].

Pada sistem imun mikrobisida terdapat enzim oksidoreduktase yaitu mieloperoksidase (MPO) yang mengkatalisis proses biosintesis produk oksidan (HOCl) untuk memfagositosis patogen. Meskipun penting bagi sistem imun manusia, produk oksidan tersebut dapat berinteraksi dengan lipid, protein, dan asam nukleat yang dapat merugikan metabolisme sel. Misalnya, *low density lipoprotein* (LDL) yang berinteraksi dengan produk MPO tidak dapat

dikenali oleh reseptor LDL dan dapat memicu munculnya gangguan metabolisme [12]. Oleh karena itu, penting untuk menjaga kadar radikal bebas seluler.

Saat ini, tidak banyak kajian ilmiah mengenai efek antioksidan dari petai terutama dari setiap bagian tanaman petai seperti daun, batang, kulit polong biji dan biji dikarenakan penggunaan petai lebih banyak diketahui sebagai sumber pangan. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji dan membandingkan aktivitas antioksidan secara *in vitro* dari beberapa bagian tanaman petai sebagai penangkap radikal bebas. Kajian antioksidan secara *in silico* dengan melalukan penambatan molekular juga dilakukan sebagai pendekatan lebih lanjut terhadap aktivitas antioksidannya. Hasil studi ini diharapkan dapat mengungkap manfaat kesehatan dari tanaman petai terutama dalam pengembangan pangan fungsional sebagai sumber antioksidan alami.

METODE PENELITIAN

Bahan: Bahan utama penelitian ini adalah bagian tanaman petai seperti batang, daun, kulit polong biji, dan biji segar didapatkan dari petani lokal daerah Sentul, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Indonesia (6° 30' 57" S, 106° 51' 0" E). Bahan kimia yang digunakan dalam kajian ini bermutu absolut untuk analisis.

Alat: Penelitian ini menggunakan alat utama seperti evaporator (Büchi R-100), spektrofotometer (DLab SP-UV1100), dan laptop Asus dengan spesifikasi Intel i7-7500U 2.9GHz, ram 16384MB, dan NVIDIA GeForce 940MX.

Metode

Ekstraksi

Sebanyak 175 g batang, daun, kulit polong biji dan biji petai segar dibersihkan dan dihaluskan. Kemudian dilakukan ekstraksi dengan metode maserasi dengan pelarut etanol 90% (Merck) dengan perbandingan pelarut dengan sampel sebesar 1:3 b/v selama 72 jam. Selanjutnya, campuran tersebut disaring dan filtrat yang didapat di evaporasi (60 °C) [13]. Hasil yang didapat dinamakan ekstrak batang (BT), ekstrak daun (DN), ekstrak kulit polong biji (KT), dan ekstrak biji (BJ).

Aktivitas antioksidan

Pada uji ini, radikal bebas yang digunakan adalah 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

(Sigma-Aldrich). Sebanyak 1 mL sampel (10, 25, 50, 75, dan 100 ppm) dicampur dengan 1 mL DPPH (0,1 mM). Setelah diinkubasi selama 30 menit pada suhu kamar, absorbansi diukur pada 517 nm. Dalam pengujian ini, larutan DPPH tanpa sampel digunakan sebagai kontrol negatif. Penghambatan reaksi radikal bebas DPPH dari sampel dinyatakan sebagai persentase penghambatan dan dihitung berdasarkan rasio perbedaan absorbansi antara kontrol negatif dan sampel terhadap absorbansi kontrol negatif. Semakin rendah nilai absorbansi, semakin tinggi persentase penghambatan radikal bebas sampel [13].

Analisis penambatan molekular

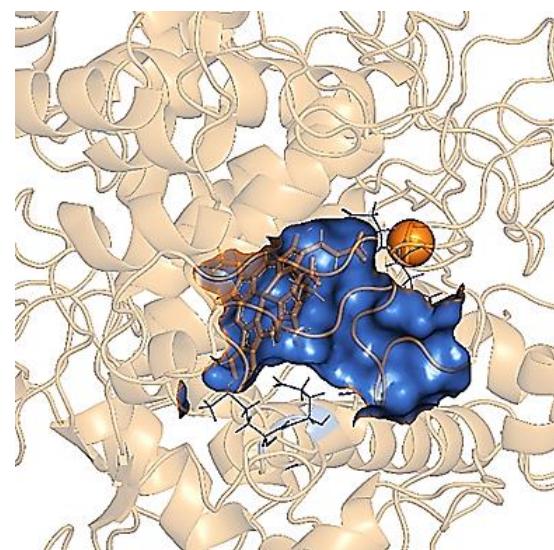
Pada analisis ini, protein mieloperoksidase digunakan sebagai reseptor dengan struktur kristal 3D protein (1DNU) diperoleh dari *Research Collaboratory for Structural Bioinformatics Protein Data Bank* (<https://www.rcsb.org>). Ligan yang digunakan untuk analisis ini adalah metabolit utama yang terkandung pada tanaman petai dan diperoleh berdasarkan studi literatur (Tabel 1). Struktur 3D ligan bersumber dari basis data kimia PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>). Setiap ligan dievaluasi parameter kemiripan dengan senyawa obat (Peraturan Lipinski, Ghose, Veber, dan Egan) menggunakan SwissADME (Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, dan Ekskresi) (<http://www.swissadme.ch/>). Ligan yang lolos uji kemiripan obat kemudian dilakukan uji toksitas dengan menggunakan web server ProTox (<https://tox.charite.de/prototx3/>) untuk menganalisis senyawa yang aman dan tidak beracun bagi manusia [14].

Tabel 1. Metabolit utama yang terkandung pada tanaman petai

Metabolit	Sumber
<i>Lupeol</i>	
<i>Thiazolidine-4-carboxylic</i>	Biji [15]
<i>1,2,3-benzenetriol</i>	
<i>Oxaloacetic acid</i>	
<i>Epigallocatechin gallate</i>	Kulit polong biji
<i>Hyperin</i>	[7]
<i>Quercetin</i>	
<i>Piperine</i>	
<i>Gallic acid</i>	Kulit polong biji
<i>[8]</i>	
<i>Thiodipropionic acid</i>	Biji [16]
<i>Gallic acid</i>	Kulit polong biji

<i>Catechin</i>	[17]
<i>Ellagic acid</i>	
<i>Gallic acid</i>	Kulit polong biji [18]

Preparasi reseptor seperti penghilangan molekul air dan ligan yang tidak diperlukan dianalisis menggunakan perangkat lunak PyMOL 2.5.4. Molekul ligan dilakukan minimisasi energi menggunakan Medan Gaya Molekuler Merck (MMFF94) untuk mencegah interferensi selama simulasi penambatan. Proses ini dijalankan melalui aplikasi Open Babel dalam perangkat lunak PyRx (PyRx-Phyton Prescription 0.8) [19]. Posisi *gridbox* berada di tengah residu asam amino terpilih (Gly90, Gln91, Asp94, His95, Asp98, Phe99, Thr238, Arg239, Glu242, dan Met243) dengan koordinat X: 23,7230, Y: -16,677, dan Z: -4,3486 (Gambar 1). Konfigurasi ini diperoleh berdasarkan kajian literatur dan prediksi menggunakan PrankWeb: *Ligand Binding Site Prediction* (<https://prankweb.cz/>) [20,21]. Analisis penambatan molekular dilakukan dengan AutoDock Vina dalam perangkat lunak PyRx, kemudian hasilnya dievaluasi dan divisualisasikan menggunakan Discovery Studio Visualizer (BIOVIA Discovery Studio Visualizer V21.1.0.20298) [22].



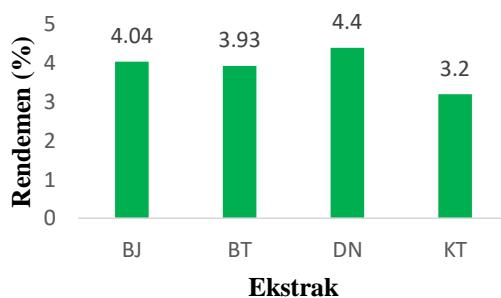
Gambar 1. Posisi *gridbox* (permukaan berwarna biru pada struktur protein (1DNU).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi

Rendemen yang didapat dari setiap sampel setelah proses ekstraksi menunjukkan hasil yang bervariasi. Rendemen tertinggi didapatkan

dari DN sebesar 4.4% dan yang terendah adalah KT sebesar 3.2%. Sampel BT memiliki rendemen sebesar 3.93% dan BJ sebesar 4.04% (Gambar 2). Perbedaan rendemen ini dapat terjadi disebabkan adanya perbedaan sumber sampel yang diekstraksi, yaitu biji, batang, daun, dan kulit polong biji. Walaupun dari tanaman yang sama, namun setiap organ dari tanaman memiliki fungsi fisiologis yang berbeda. Contohnya, daun merupakan organ yang memiliki peranan penting sebagai tempat pengumpulan dan produksi energi. Batang merupakan organ yang berfungsi untuk menopang struktur tumbuhan dan transportasi nutrisi. Perbedaan fungsi fisiologis ini dapat mempengaruhi jenis dan kadar metabolit yang terkandung pada organ tersebut [13,23].



Gambar 2. Rendemen dari setiap sampel. BJ: ekstrak biji, BT: ekstrak batang, DN: ekstrak daun, KT: ekstrak kulit polong biji.

Aktivitas antioksidan

Hasil analisis menunjukkan bahwa semua sampel memiliki aktivitas antioksidan. Hal ini ditunjukkan dengan kemampuan setiap sampel dapat menghambat radikal bebas DPPH. Daya hambat radikal bebas setiap sampel pada setiap konsentrasi adalah 53-68% untuk BJ, 74-88% untuk BT, 54-80% untuk DN, dan 73-82% untuk KT (Gambar 3). Berdasarkan hal tersebut, BT merupakan sampel yang memiliki aktivitas antioksidan yang tertinggi dibandingkan dengan sampel lainnya. Aktivitas antioksidan pada sampel BJ di konsentrasi tertinggi (100 ppm) tidak berbeda nyata dengan aktivitas pada konsentrasi lainnya (50 dan 75 ppm). Hal ini juga terjadi pada sampel BT. Aktivitas antioksidan sampel DN dan KT pada konsentrasi tertinggi (200 ppm) tidak berbeda nyata dengan aktivitas antioksidan pada konsentrasi 75 ppm. Oleh karenanya, dapat diasumsikan bahwa konsentrasi optimum ekstrak sebagai antioksidan dari batang, daun,

biji, dan kulit polong biji petai pada penelitian ini adalah 75 ppm.

DPPH merupakan radikal bebas yang stabil pada suhu kamar, berwarna ungu, dan memiliki serapan maksimum pada 517 nm. Senyawa ini sudah banyak digunakan sebagai radikal bebas pada uji antioksidan dari senyawa-senyawa organik. Reaksi senyawa ini dengan elektron atau hidrogen menyebabkan perubahan warna menjadi kuning. Senyawa antioksidan yang bereaksi dengan DPPH akan kehilangan elektron atau hidrogen sehingga akan membentuk senyawa radikal bebas yang baru [24]. Oleh karenanya, uji antioksidan menggunakan metode DPPH merupakan metode yang tepat untuk mengukur aktivitas antioksidan dari sampel bahan alam.

Telah diketahui bahwa bahan alam banyak mengandung metabolit sekunder seperti asam lemak, fenol, flavonoid, alkaloid, dan terpenoid yang memiliki aktivitas antioksidan. Pada kajian ini, aktivitas antioksidan ekstrak kulit polong biji (KT) lebih lemah dibandingkan polong biji petai yang berasal dari Chumphon, Thailand dengan nilai konsentrasi efektif sebesar 6.39 ppm. Bila dibandingkan dengan jenis sampel lainnya seperti biji pepaya ($IC_{50} = 22.2$ ppm), aktivitas antioksidan biji petai pada kajian ini lebih kuat. Selain itu, bila dibandingkan dengan asam askorbat ($IC_{50} = 6.73$ ppm) yang merupakan kontrol positif antioksidan, ekstrak berbagai organ tanaman petai pada kajian ini lebih lemah. Tentunya hal ini dapat terjadi karena habitat, jenis sampel, metode ekstraksi, dan tingkat kemurnian senyawa yang berbeda sehingga mempengaruhi kandungan dan bioaktivitas metabolit tersebut [7,25].

Evaluasi kemiripan obat dan nilai toksisitas

Pada analisis ini, setiap metabolit yang akan diuji penambatan molekul dilakukan evaluasi kemiripan obat dan nilai toksisitasnya sehingga diperoleh metabolit yang terprediksi memiliki potensi yang baik sebagai kandidat obat dan aman untuk dikonsumsi. Berdasarkan kajian literatur, terdapat 12 metabolit utama yang terkandung pada tanaman petai (Tabel 1). Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat 4 metabolit tidak melanggar peraturan Lipinski, Ghose, Veber, dan Egan, yaitu *quercetin*, *piperine*, *catechin*, dan *thiodipropionic acid* (Gambar 4A). Selanjutnya, keempat metabolit tersebut tidak aktif dan aman untuk

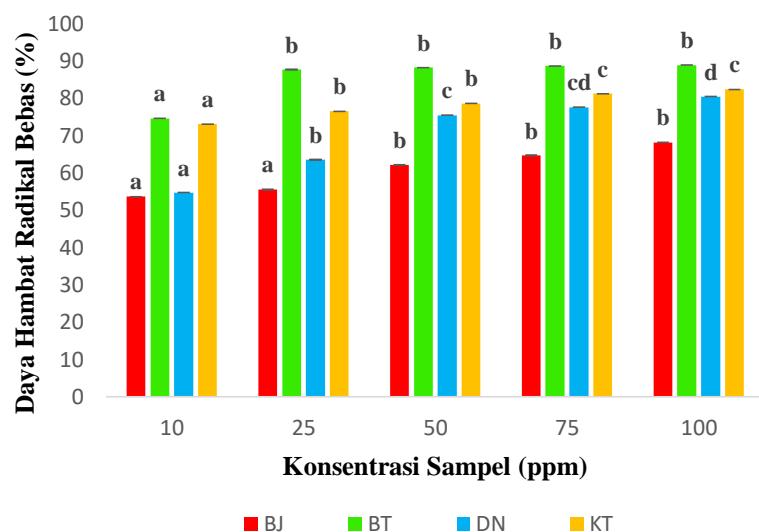
hepatotoksisitas dan sitotoksisitas (Gambar 4B). Kelas toksisitas dari metabolit tersebut menunjukkan berada pada kelas 3 untuk *quercetin*, kelas 4 untuk *piperine* dan *thiodipropionic acid*, dan kelas 6 untuk *catechin* (Tabel 2).

Evaluasi kemiripan obat ini merupakan prediksi yang dapat memberikan panduan yang baik pada tahap awal penelitian senyawa obat sehingga dapat meningkatkan kemungkinan suatu senyawa lolos uji preklinis dan klinis.

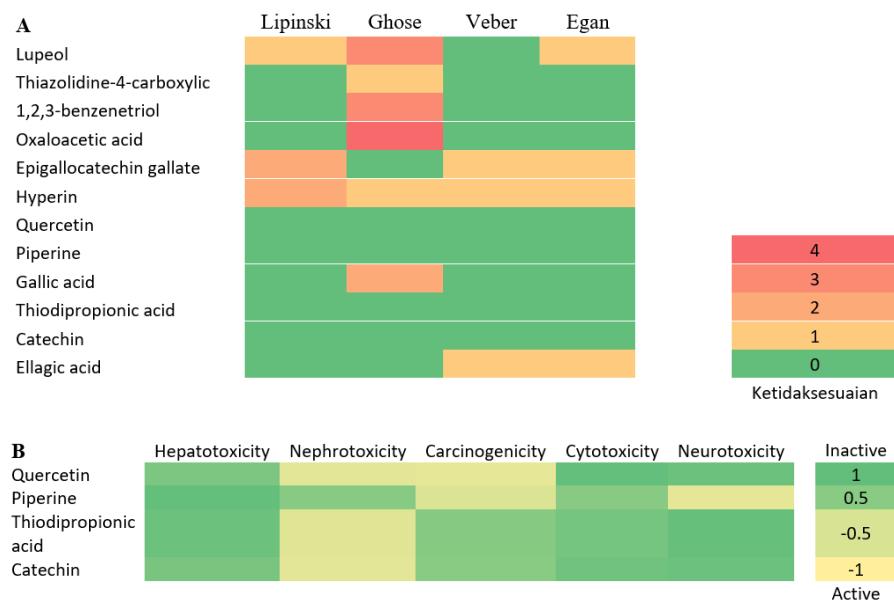
Hasil evaluasi dapat menunjukkan sifat fisikokimia yang terkait dengan obat dan ADME (Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, dan Ekksresi) [26].

Analisis penambatan molekular

Hasil menunjukkan bahwa setiap ligan memiliki energi ikatan yang bervariasi dari -4.9 sampai -7.9 kcal/mol. Interaksi yang terjadi antar ligan dan reseptor adalah ikatan hidrogen, hidrofobik, van der Waals, dan dengan heme.



Gambar 3. Aktivitas antioksidan dari ekstrak biji (BJ), batang (BT), daun (DN), dan kulit polong biji (KT). Hasil percobaan dilakukan tiga pengulangan dan disajikan dengan standar deviasi ($p < 0,05$).



Gambar 4. (A) Analisis kemiripan senyawa obat berdasarkan peraturan Lipinski, Ghose, Veber, dan Egan. (B) Analisis prediksi toksisitas.

Tabel 2. Analisis LD₅₀

Metabolit	LD ₅₀ (mg/kg)
<i>Quercetin</i>	159 (III)
<i>Piperine</i>	330 (IV)
<i>Thiodipropionic acid</i>	2000 (IV)
<i>Catechin</i>	10000 (VI)

Residu asam amino Arg239 merupakan residu yang memiliki interaksi hidrofobik pada setiap ligan. Residu asam amino Gln91, Phe99, dan Glu242 adalah residu asam amino yang memiliki interaksi van der Waals pada setiap ligan. Interaksi ikatan hidrogen terjadi pada ligan *quercetin* dan *thiodipropionic acid*. Oleh karena heme pada mieloperoksidase merupakan bagian non protein yang mempengaruhi kerja enzim tersebut, maka hasil analisis menunjukkan setiap ligan memiliki interaksi dengan heme [20]. Ligan yang memiliki interaksi terbaik dengan reseptor berdasarkan energi ikatan yang terbentuk adalah quercetin (-7.9 kcal/mol) (Tabel 3). Ligan ini memiliki interaksi dengan 9 residu asam amino pada reseptor. Lima residu diantaranya, yaitu Gln91, His95, Phe99, Arg239, dan Glu242 merupakan situs pengikatan enzim mieloperoksidase (Gambar 5). Oleh karenanya, ligan tersebut berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan khasiat sebagai antioksidan.

Kekuatan interaksi antara ligan dan reseptor dipengaruhi dari jenis interaksi yang terjadi. Interaksi ikatan hidrogen memiliki kekuatan interaksi yang lebih kuat dibandingkan jenis interaksi lainnya seperti hidrofobik dan van der Waals. Interaksi ikatan hidrogen ini berperan penting dalam reaksi biokimia seperti katalisis enzim [27]. Interaksi hidrofobik terjadi antara molekul nonpolar dalam pelarut polar. Pada protein, interaksi ini terjadi antara sisi rantai residu asam amino nonpolar untuk menstabilkan struktur protein

[28]. Interaksi van der Waals dapat terjadi karena adanya momen dipol transien atom atau molekul, yang menyebabkan interaksi lemah antara molekul dengan muatan transien yang berlawanan. Kekuatan interaksi ini bergantung pada jarak antar molekul, semakin jauh jarak antar molekul, semakin lemah interaksinya [29].

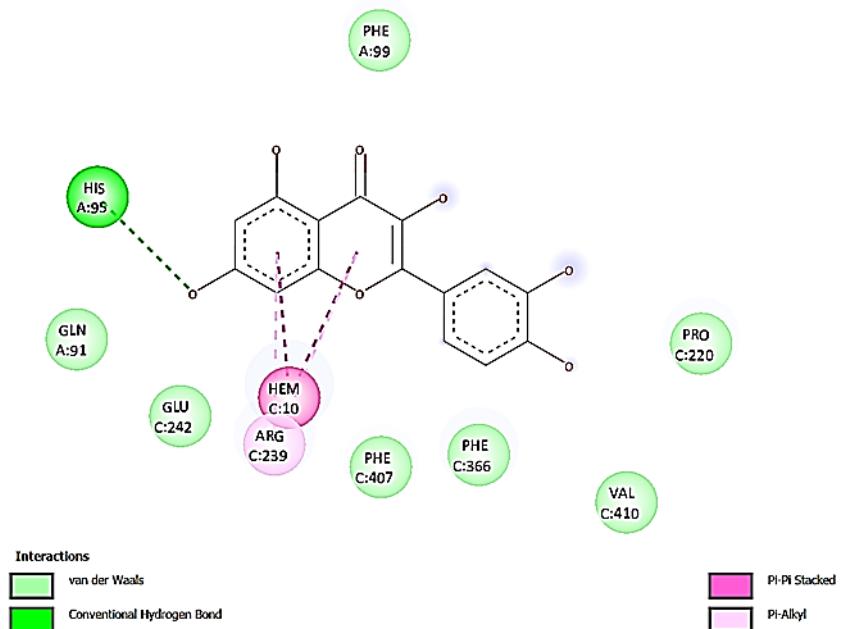
SIMPULAN

Ekstrak dari batang, daun, biji dan kulit polong biji tanaman petai memiliki aktivitas antioksidan dengan mekanisme penghambatan senyawa radikal bebas. Aktivitas tersebut dipengaruhi oleh jenis organ tanaman yang digunakan. Aktivitas antioksidan terbaik terdapat pada ekstrak batang petai (BT). Hasil uji *in silico* menunjukkan bahwa *quercetin* merupakan metabolit yang berpotensi sebagai antioksidan dan merupakan metabolit utama yang terkandung dari kulit polong biji petai. Berdasarkan hasil dari kajian ini, diperlukan uji lanjut terhadap aktivitas antioksidan dengan berbagai metode secara *in vitro* dan *in vivo* untuk menjelaskan mekanisme antioksidan dari tanaman petai. Hal tersebut dapat menjadi informasi ilmiah bagi pengembangan obat atau pangan fungsional berbasis tanaman petai.

Tabel 3. Hasil analisis penambatan molekular

Metabolit	Energi ikatan (kcal/mol)	Interaksi Ikatan Hidrogen	Interaksi Hidrofobik	Interaksi van der Waals	Interaksi dengan Heme
<i>Quercetin</i>	-7.9	His95*	Arg239*	Gln91*, Phe99*, Pro220, Glu242*, Phe366, Phe407, Val410	Ya
<i>Catechin</i>	-7.8	-	Pro220, Arg239*, Phe366, Phe407	Gln91*, Phe99*, Leu216, Glu242*	Ya
<i>Piperine</i>	-7.4	-	His95*, Leu216, Pro220, Arg239*, Phe366	Gln91*, Phe99*, Asp218, Asp219, Glu242*, Phe407	Ya
<i>Thiodipropionic acid</i>	-4.9	Glu102, Arg333	-	His95*, Thr100, Ser149, Arg239*, Arg424, His428	Ya

* situs pengikatan enzim

Gambar 5. Interaksi *quercetin* dengan reseptor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Forman Erwin Siagian atas saran-saran berharga untuk menyempurnakan naskah

ini dan Fitri Boru Naibaho atas bantuan teknis laboratorium dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mangestuti, Subehan, Widyawaruyanti, A., Zaidi, S.F.H., Awale, S., Kadota, S. 2007. Traditional medicine of Madura island in Indonesia. *J Trad Med.* 24 (3): 90–103. doi: 10.11339/jtm.24.90.
- [2] Sumarni, W., Sudarmin, S., Sumarti, S.S. 2019. The scientification of jamu: a study of Indonesian's traditional medicine. *J. Phys. Conf. Ser.* 1321 (3). doi: 10.1088/1742-6596/1321/3/032057.
- [3] Iwatani, S., Yamamoto, N. 2019. Functional food products in Japan: a review. *Food Sci. Hum. Wellness* 8 (2): 96–101. doi: 10.1016/j.fshw.2019.03.011.
- [4] Harmayani E., *et al.* 2019. Healthy food traditions of Asia: exploratory case studies from Indonesia, Thailand, Malaysia, and Nepal. *J. Ethn. Foods.* 6 (10): 1–18. doi: 10.1186/s42779-019-0002-x.
- [5] Yuningtyas S., Roswiem, A.P., Azahra, D., Alfarabi, M. 2023. Antioxidant activity and characterization of arrowroot (*Maranta arundinacea*) tuber yogurt. *Biodiversitas.* 24(5): 2850–2854. doi: 10.13057/biodiv/d240539.
- [6] Pujiasmonto B., Sulandjari, Manurung, I.R. 2022. Pendampingan budidaya petai berbasis action research di Desa Kenayan, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. *Seminar Nasional Pengabdian dan CSR Ke-2.* 109–113.
- [7] Samrit, T., *et al.* 2024. Ethanolic extract of *Parkia speciosa* pods exhibits antioxidant and anti-inflammatory properties in lipopolysaccharide-induced murine macrophages by inhibiting the p38 MAPK pathway. *Heliyon.* 10 (20): e39641. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e39641.
- [8] Saleh, M.S.M., Jalil, J., Mustafa, N.H., Ramli, F.F., Asmadi, A.Y., Kamisah, Y. 2021. UPLC-MS-based metabolomics profiling for α -glucosidase inhibiting property of *Parkia speciosa* pods. *Life.* 11 (2): 1–12. doi: 10.3390/life11020078.
- [9] Oladimeji, B.M., Adebo, O.A. 2024.

- Antibesity effect of healthy food crops and functional foods: a systematic review of their mechanisms. *Food Sci. Nutr.* 12 (3): 1380–1398. doi: 10.1002/fsn3.3856.
- [10] Wang, X.Q., Wang, W., Peng, M., Zhang, X.Z. 2021. Free radicals for cancer theranostics. *Biomaterials*. 266: e120474. doi: 10.1016/j.biomaterials.2020.120474.
- [11] Halliwell, B. 2020. Reflections of an aging free radical. *Free Radic. Biol. Med.* 161: 234–245. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.10.010.
- [12] Frangie, C., Daher, J. 2022. Role of myeloperoxidase in inflammation and atherosclerosis (Review). *Biomed. Reports.* 16:53. doi: 10.3892/br.2022.1536.
- [13] Alfarabi, M., Turhadi, Suryowati, T., Imaneli, N.A., Sihombing, P.O. 2022. Antioxidant activity and metabolite profiles of leaves and stem extracts of *Vitex negundo*. *Biodiversitas*. 23 (5): 2663–2667. doi: 10.13057/biodiv/d230550.
- [14] Wahyuningsih, N., Fatchiyah F., Turhadi, Widodo, N., Rahayu, S., Rifa'i, S. 2025. Virtual screening of polyherbal compounds for AKT1 and HSPB1 inhibition in breast cancer apoptosis pathway. *Comput. Biol. Chem.* 115: 108374. doi: 10.1016/j.combiolchem.2025.108374.
- [15] Kamisah, Y., Othman, F., Qodriyah, H.M.S., Jaarin, K. 2013. *Parkia speciosa* Hassk.: a potential phytomedicine. *Evidence-based Complement. Altern. Med.* 2013. doi: 10.1155/2013/709028.
- [16] Rahman, N.N.N.A., Zhari, S., Sarker, M.Z.I., Ferdosh, S., Yunus, M.A.C., Kadir, M.O.A. 2012. Profile of *Parkia speciosa* hassk metabolites extracted with SFE using FTIR-PCA method. *J. Chinese Chem. Soc.* 59 (4): 507–514. doi: 10.1002/jccs.201100104.
- [17] Mahdani, F.Y., *et al.* 2024. Potential of *Parkia Speciosa* Empty pod extract as a topical anti-inflammatory orabase: in silico study. *Malaysian J. Med. Heal. Sci.* 20: 59–66. doi: 10.47836/mjmhs.20.s12.10.
- [18] Mustafa, N.H., Jalil, J., Saleh, M.S.M., Zainalabidin, S., Asmadi, A.Y., Kamisah, Y. 2023. *Parkia speciosa* Hassk. empty pod extract prevents cardiomyocyte hypertrophy by inhibiting MAPK and calcineurin-NFATC3 signaling pathways. *Life*. 13 (1). doi: 10.3390/life13010043.
- [19] Kudatarkar, N., Jalalpure, S., Patil, V.S., Kurangi, B. 2021. System biology and chemoinformatics approaches to decode the molecular mechanisms of Chrysanthemum against colon cancer. *J. Appl. Pharm. Sci.* 11 (9): 057–065. doi: 10.7324/JAPS.2021.110907.
- [20] Blair-johnson, M., Fiedler, T., Fenna, R. 2001. Human myeloperoxidase: structure of a cyanide complex and its interaction with bromide and thiocyanate substrates at 1.9 Å resolution. 40: 13990–13997.
- [21] Jakubec, D., Skoda, P., Krivak, R., Novotny, M., Hoksza, D. 2022. PrankWeb 3: accelerated ligand-binding site predictions for experimental and modelled protein structures. *Nucleic Acids Res.* 50: W593–W597. doi: 10.1093/nar/gkac389.
- [22] Yuningtyas, S., Alfarabi, M., Lestari, Y., Noviardi, H. 2024. The in vitro and in silico study of α -glucosidase inhibition by kombucha derived from *Syzygium polyanthum* (Wight) walp. leaves. *HAYATI J. Biosci.* 31 (5): 951–963. doi: 10.4308/hjb.31.5.951-963.
- [23] Suprapto, P.K., *et al.* 2024. Plant anatomy: definition, classification of plant organs and tissue, and design of a visuospatial transformation learning model for teaching biology. *Indones. J. Sci. Technol.* 9 (2): 557–584. doi: 10.17509/ijost.v9i2.72105.
- [24] Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 181: 1199–1200.
- [25] Alfarabi, M., *et al.* 2022. Bioactivity and metabolite profile of papaya (*Carica papaya*) seed extract. *Biodiversitas*. 23 (9): 4589–4600. doi: 10.13057/biodiv/d230926.
- [26] Daina, A., Michielin, O., Zoete, V. 2017. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Sci.*

- Rep.* 7: 1–13. doi: 10.1038/srep42717.
- [27] Bulusu, G., Desiraju, G.R. 2020. Strong and weak hydrogen bonds in protein–ligand recognition. *J. Indian Inst. Sci.* 100 (1): 31–41. doi: 10.1007/s41745-019-00141-9.
- [28] Makowski, M., Bogunia, M. 2020. Influence of ionic strength on hydrophobic interactions in water: dependence on solute size and shape. *J. Phys. Chem. B.* 124 (46): 10326–10336. doi: 10.1021/acs.jpcb.0c06399.
- [29] Roth, C.M., Neal, B.L., Lenhoff, A.M. 1996. Van der Waals interactions involving proteins. *Biophys. J.* 70 (2): 977–987. doi: 10.1016/S0006-3495(96)79641-8.