

POTENSI SENYAWA ANTIOKSIDAN DARI TANAMAN KROKOT (*PORTULACA GRANDIFLORA*): NARRATIVE REVIEW

Riyan Alifbi Putera Irsal ¹, Rara Annisaur Rosyidah ², Muhammad Riyo Agung Kurnia ³, Syarifah Iis Aisyah ⁴, Waras Nurcholis ⁵, ^{3*}

¹Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, Bogor, Indonesia

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB University, Bogor, Indonesia

³Pusat Studi Biofarmaka Tropika, IPB University, Jawa Barat, Indonesia

*Korespondensi: wnurcholis@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Krokot (*Portulaca grandiflora*) merupakan tanaman hias yang belum banyak diketahui dan dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Tanaman ini juga bermanfaat sebagai obat dan kosmetik (bahan baku). Krokot (*P. grandiflora*) mengandung beragam metabolit sekunder, antara lain alkaloid, flavonoid, tanin, dan lainnya. *P. grandiflora* diketahui memiliki potensi sebagai antioksidan. Aktivitas antioksidan dari salah satu bagian untuk satu jenis tanaman dapat berbeda karena kandungan fitokimia dari setiap bagian tanaman juga berbeda. Review ini menjelaskan kandungan fitokimia dan kadar antioksidan dari tanaman *P. grandiflora* dari artikel ilmiah. Artikel yang dituju bersumber dari jurnal internasional, jurnal nasional terakreditasi sinta. Terdapat banyak kandungan fitokimia dari *P. grandiflora* dan berpotensi bekerja sebagai antioksidan. Berdasarkan artikel dan senyawa fitokimia yang didapat tanaman *P. grandiflora* berpotensi sebagai antioksidan.

Kata kunci: Antioksidan, Fitokimia, Krokot

ABSTRACT

Purslane (*Portulaca grandiflora*) is an ornamental plant that is not widely known and optimally utilized by the community. This plant is also useful as medicine and cosmetics (raw material). Purslane (*P. grandiflora*) contains a variety of secondary metabolites, including alkaloids, flavonoids, tannins, and others. *P. grandiflora* is known to have potential as an antioxidant. The antioxidant activity of one part for one type of plant can be different because the phytochemical content of each part of the plant is also different. This review describes the phytochemical content and antioxidant levels of the *P. grandiflora* plant from scientific articles. The intended articles are sourced from international journals, sinta-accredited national journals. *P. grandiflora* contains many phytochemicals and has the potential to work as an antioxidant. Based on the articles and the phytochemical compounds obtained by *P. grandiflora*, they have the potential as antioxidants.

Keywords: Antioxidant, Phytochemical, Purslane

PENDAHULUAN

Krokot (*Portulaca grandiflora*) merupakan suatu tanaman hias merambat dan sukulen yang berasal dari famili *Portulacaceae*. Krokot atau sutra bombay sering dianggap gulma karena pertumbuhannya cepat, mudah dirawat, dan sering tumbuh di lahan budidaya tanaman lain. Selain tanaman hias, krokot dapat dimanfaatkan sebagai obat. Laporan dari Anghel *et al.* [1] menyatakan bahwa analisis fitokimia yang didapatkan dari krokot menunjukkan bahwa tanaman tersebut mengandung sterol, karotenoid, asam polifenol, flavonoid, polisakarida, dan zat pereduksi. Menurut Uddin *et al.* [2], tanaman ini juga mengandung vitamin A, vitamin C, omega-3, kalsium, fosfor, zat besi, dan antioksidan.

Antioksidan adalah senyawa berkemampuan dalam menangkal senyawa atau molekul radikal bebas dalam jumlah berlebih yang dapat memicu efek patologis. Fungsi antioksidan adalah menetralkan senyawa radikal bebas dan mencegah terbentuknya reaksi berantai [3]. Polusi, cemaran dari makanan, paparan sinar matahari (UV) yang merupakan sumber radikal bebas dapat mempengaruhi kesehatan tubuh. Antioksidan diperlukan untuk menangkal paparan radikal bebas yang menyebabkan peristiwa stress oksidatif. Peristiwa tersebut berperan pada proses aging dan penyakit degeneratif lainnya [4]. Salah satu tanaman yang memiliki aktivitas antioksidan dan belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai asupan makanan atau minuman bagi tubuh adalah krokot [5].

Krokot memiliki potensi sebagai tanaman hias yang mudah dibudidaya di Indonesia dan memiliki nilai fungsional lain yaitu sebagai bahan makanan, bahan baku kosmetik serta tanaman obat, namun budidaya krokot belum populer karena konsumen tanaman hias di Indonesia masih memiliki preferensi terhadap tanaman hias bunga potong yang memiliki harga jual yang tinggi seperti krisan, mawar, dan sedap malam. Masyarakat belum banyak yang mengetahui jika krokot memiliki banyak kegunaan sebagai tanaman obat seperti menyembuhkan sakit tenggorokan, ruam kulit, imunostimulan, anti hepatitis B, antimikroba alami, dan berbagai penyakit degeneratif seperti tumor, kanker, tekanan darah tinggi, liver,

diabetes dan yang berhubungan dengan umur yaitu alzheimer [6].

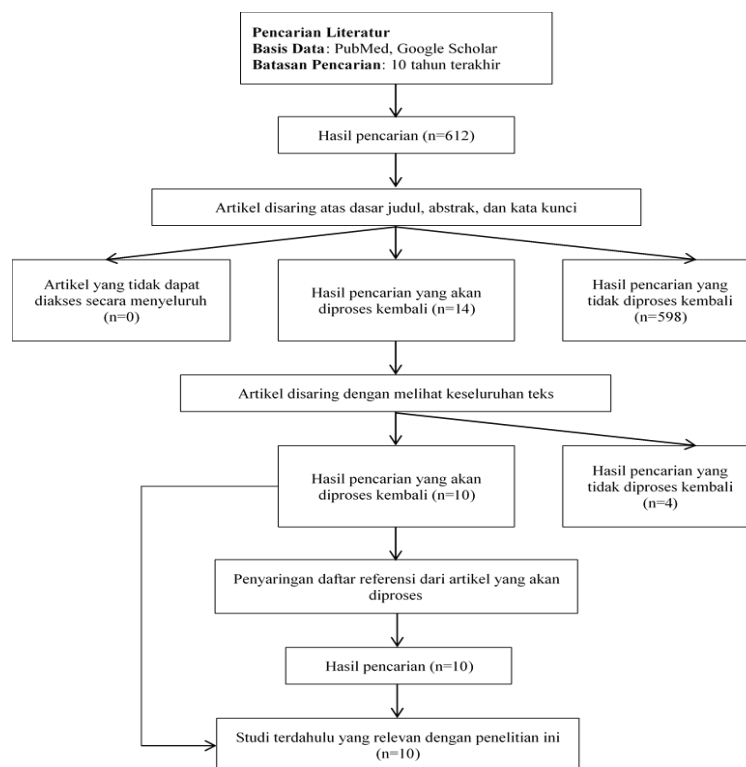
Radiasi sinar gamma menyebabkan peningkatan total fenol sebagai respon dari stress akibat pembentukan radikal bebas yang disebabkan oleh panjang gelombang radiasi yang menembus sel. Uji kandungan fitokimia terhadap hasil mutasi krokot yang telah stabil dilakukan untuk membuktikan kandungan serta manfaat dari krokot untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Pembuktian ini dapat dilakukan melalui uji karakteristik antioksidan senyawa golongan polifenol [7].

Laporan lain dari Dewi *et al.* [8], menunjukkan flavonoid memiliki potensi antioksidan. Hal ini dikarenakan flavonoid memiliki gugus hidroksil di karbon cincin aromatik. Flavonoid menangkap senyawa radikal bebas yang berasal dari peroksidasi lemak. Identifikasi dan pengukuran kadar polifenol penting untuk dilakukan sehingga krokot dapat dijadikan sebagai alternatif pengobatan herbal dan kegunaannya dapat dipertanggungjawabkan kepada masyarakat. Uji antioksidan menggunakan metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) karena tidak susah untuk dilakukan skrining aktivitas penangkap radikal bebas, tidak memakan banyak waktu, dan metode ini juga akurat [9]. Review ini bertujuan menjelaskan kandungan fitokimia dan menganalisis aktivitas farmakologis dari tanaman *P. grandiflora* dari artikel ilmiah. Hasil review ini penting dalam mengembangkan tanaman krokot sebagai fitofarmaka lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

Metode

Penelitian ini merupakan systematic review dengan penjelasan secara deskriptif. Pencarian artikel dengan cara menelusuri database artikel PUBMED dan google scholar. Penulis tidak memberikan batasan dalam penggunaan bahasa dalam pemilihan artikel dengan kata kunci yang digunakan yaitu tanaman krokot, antioksidan dan fitokimia. Penulis memberikan batasan tahun diterbitkannya artikel pada 2012-2022 dengan kriteria review, artikel penelitian, maupun artikel laporan. Penulis melakukan seleksi dengan beberapa langkah seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelusuran dan identifikasi artikel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman krokot (*Portulaca grandiflora*) telah banyak dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Terdapat sejumlah metode yang digunakan untuk analisis tanaman ini, seperti instrumen spektrofotometri, reaksi kimia spesifik, Kromatografi Lapis Tipis (KLT), *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC), dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Kandungan fitokimia pada *P. grandiflora* yang telah dianalisis mencakup senyawa alkaloid, fenolik, sterol, dan lainnya (Tabel 1). Terdapat gambar struktur senyawa dari tanaman *P. grandiflora* (Gambar 2). Kehadiran beragam senyawa bioaktif dalam berbagai konsentrasi pada dasarnya bertanggung jawab atas berbagai aktivitas biologisnya [10].

Alkaloid, salah satu dari banyak metabolit sekunder yang fundamental yang bermanfaat di bidang farmasi dan pengobatan. Flavonoid tanaman adalah kelompok besar fenil kromon alami yang ditemukan di berbagai bagian tanaman seperti akar, batang, bunga dan buah. Flavonoid dikenal untuk berbagai peran biologis pada manusia karena sifat antioksidatif, anti-inflamasi, antitumor, antivirus, dan aktivitas

antibakteri. Flavonoid juga berperan sebagai pelindung peran terhadap penyakit koroner dan membantu dalam aktivitas vaskular [10]. Secara kuantitatif, kandungan total alkaloid dan flavonoid pada tanaman *P. grandiflora* belum ditemukan laporan penelitian tentang kandungan totalnya [11]. Senyawa fenolik dapat berfungsi sebagai antioksidan [12]. Kadar total fenolik dari tanaman ini dilaporkan berbeda-beda, dengan nilai tertinggi didapat dari ekstrak metanol yaitu sebesar 46,39-82,19 mg *Gallic Acid* Ekuivalen (GAE)/100 g pada sampel batang, daun, dan bunga *P. grandiflora* [11].

Portulaca dinyatakan sebagai tanaman sayuran dengan kaya akan asam lemak dan omega-3 terutama a-linolenat (ALA) yang penting bagi kesehatan manusia. Direkomendasikan bahwa diet sehat harus diperkaya dengan makanan yang memiliki rasio Omega 3 yang tinggi [13]. Pada krokot ini, belum banyak dilaporkan senyawa asam lemak yang dianalisis sehingga belum diketahui kadarnya. Sterol dapat berguna sebagai inhibitor pada kanker payudara, paru-paru, ovarium, dan perut. Kadar sterol dalam *P. grandiflora* sebesar 79,9 mg B-sitosterol/g berat kering [11].

Radikal bebas merupakan molekul elektron yang tidak memiliki pasangan, sehingga aktif untuk bereaksi. Umumnya, radikal bebas berasal dari molekul belerang, nitrogen, dan oksigen. Radikal bebas merupakan bagian dari spesies oksigen reaktif (ROS), spesies nitrogen reaktif (RNS), dan spesies sulfur reaktif (RSS). Beberapa ROS seperti, sebagai anion superoksida (O_2^-), radikal perhidroksil ($H_2O^\bullet$), hidroksil radikal ($^\bullet OH$), oksida nitrat dan spesies lain. RNS berasal dari oksida nitrat melalui reaksi dengan $O^\bullet$ membentuk $ONOO^-$. ROS diproduksi selama melakukan metabolisme dan aktivitas fungsional, serta berperan penting pada proses pensinyalan suatu sel dan pengangkut ionik [14].

Jumlah ROS yang berlebih dapat menimbulkan efek merusak. Beberapa molekul yang dapat dirusak seperti lipid, RNA, dan DNA karena molekul tersebut sangat kecil dan sangat reaktif. ROS juga merusak atau mempengaruhi basa nitrogen pada asam nukleat [15]. ROS yang menyerang makromolekul dan molekul ini biasanya disebut sebagai stres oksidatif. Pada dasarnya, sel mampu bertahan terhadap kerusakan ROS dengan bantuan enzim intraseluler yang menjaga kondisi homeostasis

ROS [16]. Saat terjadi disfungsi sel atau stress lingkungan, kadar ROS dapat meningkat dan merusak banyak sel. Oleh karena itu, stress oksidatif berkontribusi pada sebagian patogenesis seperti inflamasi, kanker, diabetes, dan penuaan.

Oleh karena itu, untuk mencegah dan mengurangi kerusakan oksidatif yang disebabkan ROS, sistem pertahanan tubuh mengembangkan antioksidan yang mencakup aktivitas enzimatik, pengkelat logam, dan penangkal radikal bebas untuk menetralkan radikal ini setelah mereka terbentuk. Selain itu, asupan antioksidan makanan dapat menjaga kadar antioksidan dalam tubuh dengan baik. tubuh manusia dan organisme lain telah mengembangkan sistem pertahanan antioksidan yang mencakup aktivitas enzimatik, pengkelat logam dan radikal bebas untuk menetralkan radikal ini setelah mereka terbentuk [18]. Selain itu, asupan antioksidan makanan bergizi dapat berperan sebagai antioksidan yang memadai. tubuh manusia dan organisme lain telah mengembangkan sistem pertahanan antioksidan yang mencakup aktivitas enzimatik, pengkelat logam dan radikal bebas untuk menetralkan radikal ini setelah mereka terbentuk [19].

Tabel 1. Identifikasi kandungan *Portulaca grandiflora*

Gugus senyawa	Bagian tanaman	Metode	Ligan spesifik	Sumber Literatur
Fenolik	Batang, daun dan bunga	Spektrofotometer UV-Vis	-	
Flavonoid	Tanaman bagian di atas tanah dan akar	Reaksi kimia spesifik dan KLT	Asam kafeat, asam klorogenat	[11]
Asam Lemak	Akar	GC-MS	Normethadone, DL-arabinose, asam pentadekanoat, asam heksadekanoat, asam 9,12-oktadekadinat, asam linoleat, vanillin	

Alkaloid	Tanaman bagian di atas tanah	Rekasi kimia spesifik	-
Terpenoid	Batang dan daun	Spektrofotometer UV-Vis	-
Steroid/sterol	Akar	GC-MS	B-sitosterol
Tanin	Tanaman bagian di atas tanah	Reaksi kimia spesifik	-
Betaxanthin	Bunga	HPLC, NMR	Portulacaxanthin II, Portulacaxanthin III
Polisakarida	Tanaman bagian di atas tanah	Reaksi kimia spesifik	-

Senyawa antioksidan membuat senyawa radikal bebas menjadi netral dengan accept atau donor elektron. Molekul antioksidan berinteraksi dengan radikal yang reaktif dan memecahnya secara langsung. Contoh kasus, sebagian besar antioksidan memiliki struktur cincin aromatik dan mampu melakukan delokalisasi elektron yang tidak berpasangan [20]. Terdapat 2 metode *in vitro* yang digunakan untuk menguji aktivitas antioksidan dari ekstrak tanaman, yaitu transfer atom hidrogen dan transfer elektron. Prinsip metode transfer atom hidrogen mengukur kemampuan dari antioksidan untuk menangkal radikal bebas melalui donasi hidrogen agar dapat membentuk senyawa yang stabil, sedangkan metode transfer elektron menggambarkan kemampuan antioksidan memberikan satu elektron untuk mereduksi senyawa-senyawa logam, karbonil, dan radikal bebas [21].

Pengujian antioksidan bertujuan mengetahui aktivitas suatu bahan dalam menangkap radikal bebas. Reaktivitas dari senyawa baru yang berasal dari senyawa radikal

bebas dan molekul yang mudah ditarik elektronnya menyebabkan kerusakan sel-sel dalam tubuh [22]. Antioksidan merupakan senyawa pendonor elektron yang mampu pembentukan radikal. Antioksidan akan berikatan dengan radikal bebas dan molekul reaktif, sehingga mencegah reaksi oksidasi dan terjadinya disfungsi atau kegagalan sel. Faktor yang dapat melindungi dari kerusakan radikal oksigen disebut dengan antioksidan [23].

Metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) sering digunakan sebagai uji penghambatan reaktivitas radikal bebas. Metode ini didasarkan pada pengukuran spektrofotometri dari perubahan konsentrasi DPPH akibat penangkapan oleh antioksidan [22]. Metode DPPH sudah banyak digunakan dalam penelitian. Larutan pembanding yang digunakan berupa senyawa DPPH karena sifatnya yang stabil sebagai radikal bebas. Metode DPPH tidak membutuhkan substrat dikarenakan radikal bebas sudah tersedia. DPPH dapat dikatakan telah berikatan dengan antioksidan ditandai dengan perubahan larutan dari ungu ke kuning

terang. DPPH tidak memberikan serapan pada panjang gelombang 518 nm [24].

Perbedaan hasil aktivitas antioksidan tersebut disebabkan perbedaan dari sampel yang dianalisis, usia dan asal tanaman, serta kondisi lingkungan sekitar saat tumbuh [25]. Aktivitas antioksidan suatu tanaman erat kaitannya dengan metabolit sekunder dalam tanaman tersebut. Salah satu senyawa yang mempengaruhi aktivitas antioksidan suatu tanaman ialah golongan fenolik [26]. Senyawa fenolik memiliki kemampuan sebagai penangkap radikal bebas karena sifatnya yang mampu mereduksi radikal bebas. Fenolik juga sebagai agen pendonor elektron, dan chelator logam [27]. Selain itu, faktor lain yang dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan suatu bahan uji adalah tingkat kematangan tanaman yang digunakan. Tingginya aktivitas penangkalan senyawa radikal bebas akan berbanding lurus dengan tingkat kematangan tanaman [28]. Salah satu turunan fenolik, yaitu flavonoid juga mempengaruhi aktivitas antioksidan suatu bahan. Adanya korelasi positif antara kadar total flavonoid dengan aktivitas antioksidan [26]. Senyawa flavonoid berperan sebagai antioksidan melalui kemampuannya mendonasikan atom hidrogen, mengkelat logam, dan berada dalam bentuk bebas atau dalam bentuk glukosida [29].

Fungsi penting lainnya dari antioksidan adalah mengatur enzim terkait ROS. Antioksidan menghambat aktivitas atau ekspresi enzim penghasil radikal bebas sehingga menurunkan tingkat seluler radikal bebas seperti NADPH oksidase dan xantin oksidase (XO) [30] [31]. Vitamin C, vitamin E, dan glutathione memiliki peran penting sebagai antioksidan seluler. Antioksidan sintesis seperti tert-butylhydroxyl -toluene, tert-butylhydroxyanisole, dan tert-butylhydroquinone telah banyak digunakan dalam industri makanan untuk menghambat oksidasi lipid. Namun, antioksidan sintetik tersebut tidak disukai untuk penggunaan farmakologis karena masalah toksikologi. Oleh karena itu, semakin banyak minat yang berfokus pada mengidentifikasi ekstrak tumbuhan untuk digunakan sebagai suplemen antioksidan makanan [32]. Antioksidan alami ini berasal dari buah-buahan, sayuran, rempah-rempah, biji-bijian, seperti ginseng, temulawak, ginkgo, rosemary, teh hijau, anggur, jahe dan bawang

putih. Tanaman tersebut mengandung berbagai macam senyawa antioksidan, seperti fenolat (fenol dan polifenol), flavonoid, karotenoid, dan steroid [33].

Pengukuran aktivitas antioksidan dapat dikaitkan dengan kapasitas ekstrak untuk secara langsung mentransfer hidrogen ke radikal dan menyumbangkan elektronnya [34]. Salah satu metode untuk mengukur aktivitas antioksidan yaitu DPPH. DPPH merupakan radikal yang relatif stabil yang memiliki warna ungu dalam larutan metanol dengan serapan maksimal 518 nm. Selama reaksi dengan donor hidrogen, mereka berubah menjadi bentuk tereduksi, dan larutannya menjadi kuning-oranye [35].

Uji antioksidan dengan DPPH dilakukan dengan menggunakan sampel dengan variasi konsentrasi 100, 200, 400, 600, 800 dan 1000 ppm, serta menggunakan vitamin C sebagai kontrol positif. Absorbansi diukur menggunakan panjang gelombang 518 nm [36]. Ekstrak etanol batang tua krokot dapat berfungsi sebagai antioksidan dengan golongan sedang dengan nilai IC₅₀ rentang 100-150 µg/mL. Bagian bunga, daun, dan batang muda tergolong antioksidan lemah dengan nilai IC₅₀ >200 µg/mL. Vit. C yang merupakan kontrol positif tergolong ke dalam antioksidan sangat kuat karena memiliki IC₅₀ <50 µg/mL [37]. Nilai IC₅₀ dari kontrol positif sebesar 10,08 µg/mL. Nilai IC₅₀ tanaman krokot yang paling rendah adalah batang tua dengan nilai 122,15 µg/mL. Nilai IC₅₀ paling tinggi dari bagian batang muda sebesar 334,54 µg/mL. Analisis statistik menunjukkan nilai IC₅₀ pada batang tua berbeda nyata dengan ketiga organ lainnya ($p < 0,05$) [5].

Bunga pada *P. grandiflora* menghasilkan dan mengakumulasi betalain, yang dibagi menjadi betaxanthins oranye kuning dan betacyanin merah-ungu [38,39,40,41,42]. Sejumlah penelitian telah menunjukkan manfaat kesehatan betalain yang timbul dari aktivitas antioksidannya yang tinggi dan ini karena senyawa ini telah ditemukan aktif melawan gangguan terkait stres pada manusia karena potensinya untuk menghambat oksidasi dan peroksidasi lipid [43,44,45,46,47,48].

Berdasarkan kekuatan antioksidannya, suatu senyawa terbagi dalam beberapa golongan yaitu antioksidan sangat kuat (IC₅₀ <50 µg/mL), kuat (IC₅₀ 50-100 µg/mL), sedang (IC₅₀ 100-

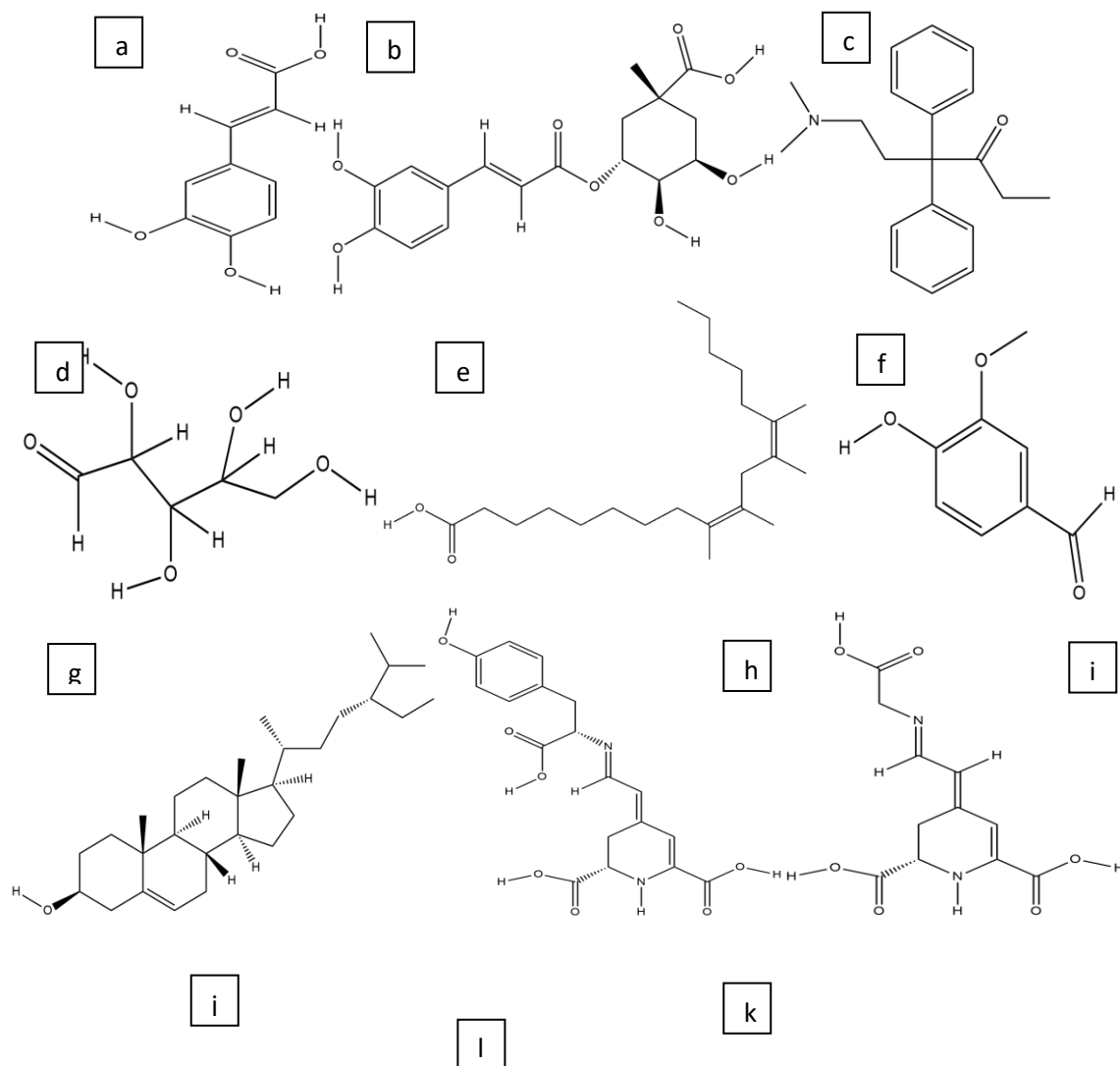
150 µg/mL), lemah (IC₅₀ 150-200 µg/mL), dan sangat lemah (IC₅₀ >200 µg/mL) [37]. Nilai IC₅₀ pada ekstrak etanol batang tua adalah 122,55 µg/mL, tergolong ke dalam antioksidan µg/mL. Sedangkan bunga, daun, dan batang muda tergolong ke dalam antioksidan sangat lemah karena memiliki IC₅₀ >200 µg/mL. Hasil penelitian ini jauh lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya ekstrak etanol di krokot utuh yang berasal Malaysia, nilai IC₅₀ total flavonoid dan fenolik *P.grandiflora*. Kadar total fenolik dan flavonoid yang rendah pada batang tua krokot mempunyai aktivitas antioksidan yang lebih baik jika dibandingkan dengan total fenolik dan flavonoid yang tinggi pada daun namun aktivitas antioksidannya rendah. Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa korelasi antara kadar fenolik dan flavonoid terhadap aktivitas antioksidan tidak selalu positif [49]. Hal ini disebabkan aktivitas

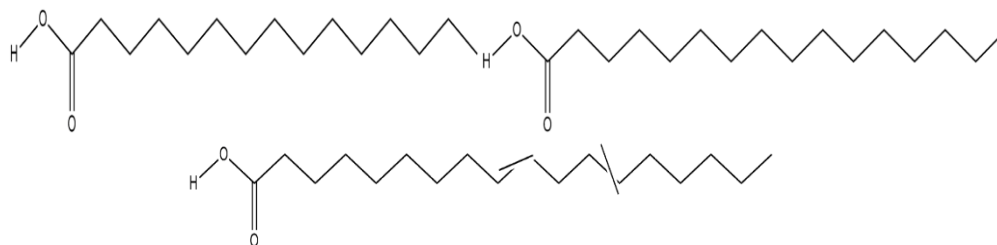
sedang (Figure 3). Nilai yang diperoleh sangat jauh jika dibandingkan dengan aktivitas antioksidan Vitamin C dengan nilai IC₅₀ 10,08

yang didapatkan berkisar diangka 0,76 -1,82 µg/mL yang setara dengan 760-1820 µg/mL [49].

Penelitian Lim *et al.* [49] memiliki hasil yang tidak berkorelasi positif antara kandungan

metabolit sekunder lain yang ada pada tanaman krokot seperti alkaloid dan terpenoid yang dapat berfungsi sebagai antioksidan [50]. Kedua senyawa tersebut banyak diperoleh dibagian batang[51]. Metabolit sekunder yang dihasilkan pada organ tanaman yang lebih tua memungkinkan mereka bertindak bertindak sebagai antioksidan lebih baik daripada organ yang lebih muda [52].





Gambar 2. Struktur senyawa pada *P. grandiflora* (a), Asam kafeat (b), Asam klorogenat (c), Normethadone (d), DL-arabinose (e), Asam linoleate (f), Vanillin (g), B-sitosterol (h), Portulacaxanthin II (i), Portulacaxanthin III (j), Asam pentadekanoat (k), Asam heksadekanoat (l), Asam 9,12-oktadekadienoat

SIMPULAN

Portulaca grandiflora memiliki beragam jenis senyawa dan semua bagian tanaman dapat berfungsi sebagai antioksidan. Dengan

Nilai IC_{50} terbaik pada bagian batang tua 122,55 $\mu\text{g/mL}$, dan bunga, daun, serta batang muda dengan $IC_{50} > 200 \mu\text{g/mL}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai penuh oleh program penelitian PDUP (186/E5/PG.02.00.PT/2022)

dari Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anghel A. I., Olaru O. T., Gatea F., Dinu M., Viorel R., Ancuceanu, Istudor V. 2013. Preliminary research on *Portulaca Grandiflora* Hook. species (*Portulacaceae*) for therapeutic use. *J. Farmacia*. 16(1): 46-51.
- [2] Uddin M. K., Juraimi A. S., Ali M. E., Ismail M. R. 2012. Evaluation of Antioxidant Properties and Mineral Composition of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) at Different Growth Stages. *International Kournal of Molecular Sciences*. 13: 10257-10267.
- [3] Selawa W., Runtuwene M. R. J., Citraningtyas G. 2017. Kandungan flavonoid dan kapasitas antioksidan total ekstrak etanol daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). *Pharmacon*. 2(1): 18-22.
- [4] Werddhasari A. 2014. Peran antioksidan bagi kesehatan. *JBMI*. 3(2): 59-68.
- [5] Husnawati., Purwanto U. M. S., Rispriandari A. A. 2020. Perbedaan bagian tanaman krokot (*Portulaca grandiflora* Hook.) terhadap kandungan total fenolik dan flavonoid serta aktivitas antioksidan. *Current Biochemistry*. 7 (1) :10-20.
- [6] Srivastava A., Joshi A. G. 2009. In vitro behaviour of nodal explants of *Portulaca grandiflora* under the influence of cytokinins. *J.Biology*. 753: 43-48.
- [7] Shala A. Y. 2019. Effect of different doses of gamma irradiation on vegetative growth and oil yield of *Ocimum basilicum* L. *J. Plant Production*. 10(1) : 1-6.
- [8] Dewi N. W. O. A. C., Puspawati N. M., Swantara I. M. D., Asih I. A. R. A., Rita W. S. 2014. Aktivitas antioksidan senyawa flavonoid ekstrak etanol biji terong belanda (*solanum betaceum*, syn) dalam menghambat reaksi peroksidasi lemak pada plasma darah tikus wistar, *Cakra Kimia Indonesian EJournal of Applied Chemistry*. 2(1): 7-16.
- [9] Prakash A, Rigelhof F, Miller E. 2011. Antioxidant Activity in Medallion Laboratories Analytical Progress, *Medallion Labs*. 19(2): 1-4.

- [10] Kumar A, Sreedharan S, Kashyap A. K, Singh P, Ramchiary N. 2022. A review on bioactive phytochemicals and ethnopharmacological potential of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Protein Engineering*. 1(3): 43-67.
- [11] Husein S. R, Sundalian M, Husna N. 2021. Review: Component Analysis of Purslanes Chemicals Compound (*Portulaca oleraceae* L. and *Portulaca grandiflora* Hook.). *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 3(2): 317-327.
- [12] Sicari V, Loizzo M. R, Tundis R, Mincinoe A, Pellicano T. M. 2018. *Portulaca oleracea* L. (purslane) extracts display antioxidant and hypoglycaemic effects. *J. Appl. Bot. Food Qual*. 91: 39-46.
- [13] Chugh V, Mishra V, Sharma K. 2019. Purslane (*Portulaca oleraceae* L.) an underutilized wonder plant with potential pharmacological value. *Pharm J*. 236-246.
- [14] Vajragupta O, Boonchoong P, Berliner L. J. 2004. Manganese complexes of curcumin analogues: evaluation of hydroxyl radical scavenging ability, superoxide dismutase activity and stability towards hydrolysis. *Free Radic Res*. 38(3): 303-14.
- [15] Giles G. I, Jacob C. 2002. Reactive sulfur species: an emerging concept in oxidative stress. *Biol. Chem*. 383(3): 75-88.
- [16] Ames B. N., Shigenaga M. K., Gold L. S. 1993. DNA lesions, inducible DNA repair, and cell division: three key factors in mutagenesis and carcinogenesis, *Environ Health Perspect*. 101(5): 35-44.
- [17] Liu R. H., Hotchkiss J. H. 1995. Potential genotoxicity of chronically elevated nitric oxide: a review. *Mutat Res*. 339(2): 73-89.
- [18] Geier D. A., Kern J. K., Garver C. R., Adams J. B., Audhya T., Geier M. R. 2009. A prospective study of transsulfuration biomarkers in autistic disorders. *Neurochem Res*. 34(2): 386-393.
- [19] Geier D. A., Kern J. K., Garver C. R., Adams J. B., Audhya T., Nataf R., Geier M. R. 2009. Biomarkers of environmental toxicity and susceptibility in autism. *J Neurol Sci*. 280(1): 101-108.
- [20] Rababah T. M., Hettiarachchy N. S., Horax R. 2004. Total phenolics and antioxidant activities of fenugreek, green tea, black tea, grape seed, ginger, rosemary, gotu kola, and ginkgo extracts, vitamin E, and tert-butylhydroquinone. *J Agric Food Chem*. 52(16): 5183-5186.
- [21] Kasote D. M, Katyare S. S., Hegde M. V., Bae H. 2015. Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications. *International Journal of Biological Sciences*. 11(8): 982-991.
- [22] Dawidowicz A.L., Wianowska D., Olszowy M. 2019. On practical problems in estimation of antioxidants activity of compound method (problem in estimation of antioxidant activity). *Food Chem*. 131(10): 1037-1043.
- [23] V. W. Rodwell, D. A. Bender, K. M. Botham, P. J. Kennelly, P. A. Weil. 2015. *Harper's Illustrated Biochemistry 30th Edition*. Mc Graw Hill
- [24] Nur M. A., Bristi N. J., Rafiquzzaman M. 2013. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 21:143-152.
- [25] Purnama R. L. 2015. Aktivitas antioksidan, kandungan total fenol, dan flavonoid lima tanaman hutan yang berpotensi sebagai obat alami [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [26] Ahmed S. I., Hayat M. Q., Tahir M., Mansoor Q., Ismail M., Keck K., Bates R. B. 2016. Pharmacologically active flavonoids from anticancer, antioxidant,

- and antimicrobial extarct of *Cassia angustifolia*. *BMC Alternative Medicine*. 16(1): 46-51.
- [27] Riachi L. G., De Maria C. A. 2014. Peppermint antioxidants revisited, *Food Chemistry*. 17(1): 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.028>
- Journal of Food and Drug Analysis*. 10(3): 178-182.
- [30] Panchatcharam M., Miriyala S., Gayathri V. S., Suguna L. 2006. Curcumin improves wound healing by modulating collagen and decreasing reactive oxygen species. *Mol Cell Biochem*. 290(1): 87–96.
- [31] Shih P. H., Yeh C. T., Yen G. C. Anthocyanins induce the activation of
- [33] Rababah T. M., Hettiarachchy N. S., Horax R. 2004. Total phenolics and antioxidantactivities of fenugreek, green tea, black tea, grape seed, ginger, rosemary, gotu kola, and ginkgo extracts, vitamin E, and tert-butylhydroquinone. *J Agric Food Chem*. 5183– 5186.
- [34] De Freitas Laiber Pascoalag G., de Almeida Sousa Cruza M. A., de Abreu J. P., Santos M. C. B., Fanaro G. B., Maróstica M. R. Jr., Silva O. F., Moreira R. F. A., Cameron L C., Ferreira M. S. L., *et al.* 2022. Evaluation of the antioxidant capacity, volatile composition and phenolic content of hybrid *Vitis vinifera* L. varieties sweet sapphire and sweet surprise. *J. Food Chem*. 130644.
- [35] Sporna-Kucab A., Anna T., Agnieszka G., Lukasz S., Barbara R., Krystyna S. W., Karolina S., Boris N., Zbigniew P., Slawomir W. 2022. Metabolite profiling analysis and the correlation with biological activity of betalain-rich *Portulaca grandiflora*. Hook. Extracts. *Antioxidant*. 1-30.
- [36] Yanuarti R., Nurjanah, Anwar E., Hidayat T. 2017. Profil fenolik dan aktivitas
- [28] Lim T.K. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Vol 12. Modified Stems, Roots. Bulbs. Switzerland. 2016. *Springer International Publishing*.
- [29] Chang C. C., Yang M. H., Wen H. M., Chem J. C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods.
- phase II enzymes through the antioxidant response element pathway against oxidative stress-induced apoptosis, *J Agric Food Chem*. 55(23): 9427–9435.
- [32] Lotito S. B., Frei B. 2006. Consumption of flavonoid-rich foods and increased plasma antioxidant capacity in humans: cause, consequence, or epiphenomenon. *Free Radic Biol Med*. 41(12): 1727–1746.
- antioksidan dari ekstrak rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottoni*. *JPHPI*. 230-237.
- [37] Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *SJST*. 212-219.
- [38] Spórna-Kucab A., Wróbel N., Kumorkiewicz-Jamro A., Wybraniec S. 2020. Separation of betacyanins from *Iresine herbstii* Hook. ex Lindl. leaves by high-speed countercurrent chromatography in a polar solvent system, *J. Chromatogr*. 1626 (2020), 461370.
- [39] Spórna-Kucab A., Kumorkiewicz A., Szmyr N., Szneler E., Wybraniec S., Wybraniec S. 2019. Separation of betacyanins from flowers of *Amaranthus cruentus* L.in a polar solvents system by high-speed counter-current chromatography, *J.Sep. Sci*. 42: 1676–1685.
- [40] Spórna-Kucab A., Milo A., Kumorkiewicz A., Wybraniec S. 2018. Studies on polar high-speed counter-current chromatographic systems in separation of amaranthine-type

- betacyanins from *Celosia* species, *J. Chromatogr. B.* 1073: 96–103.
- Portulaca oleracea* L. *Food Chem.* 133: 775–781.
- [41] Spórna-Kucab A., Jagodzinska J., Sławomir W. 2017. Separation of betacyanins from purple flowers of *Gomphrena globosa* L. by ion-pair high-speed counter-current chromatography, *J. Chromatogr.* 1489: 51–57.
- [42] Spórna-Kucab A., Hołda E., Wybraniec S. 2016 High-speed counter-current chromatography in separation of betacyanins from flowers of red *Gomphrena globosa* L. cultivars. *J. Chromatogr.* 421–427.
- [43] Madadi E., Mazloun-Ravasan S., Yu J. S., Ha J. W., Hamishehkar H., Kim K. H. 2020. Therapeutic application of betalains: A review. *Plants.* 9: 12-19.
- [44] Erkan N. 2012. Antioxidant activity and phenolic compounds of fractions from fenolik makroalga coklat *Sargassum* sp. *J Kel Trop.* 20(2): 117-123.
- [45] Cai Y., Sun M., Corke H. 2003. Antioxidant activity of betalains from plants of the *Amaranthaceae*, *J. Agric. Food Chem.* 51: 2288–2294.
- [46] Wybraniec S., Stalica P., Spórna-Kucab A., Nemzer B., Pietrzkowski Z., Michałowski T. 2011. Antioxidant activity of betanidin: Electrochemical study in aqueous media. *J. Agric. Food Chem.* 59: 12163–12170.
- [47] Osorio-Esquivel O., Ortiz-Moreno A., Álvarez V. B., Dorantes-Álvarez L., Giusti M. M. 2014. Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits. *Food Res Int.* 44: 2160–2168.
- [48] Sedjati S., Suryono, Santosa A., Supriyanti E., Rdlo A. 2017. Aktivitas antioksidan dan kandungan senyawa
- [49] Lim C. K., Tiong W. N., Loo J. L. 2014. Antioxidant activity and total phenolic content of different varieties of *Portulaca grandiflora*. *IJPP.* 4(1): 2277-2928.
- [50] Firdiyani F., Agustini T. W., Ma'ruf W. F. 2015 Ekstraksi senyawa bioaktif sebagai antioksidan alami *Spirulina plantensis* segar dengan pelarut yang berbeda. *JPHPI.* 18(1): 28-37.
- [51] Zhou Y. X., Xin H. L., Rahman K., Wang S. J., Peng C., Zhang H. 2015. *Portulaca oleracea* L.: review of phytochemistry and pharmacological effects. *Biomed Res Int.* 1-11.
- [52] Anwar K., Rahmanto B., Triyasmono L., Rizki M. I., Halwany W., Lestari F. 2017. The influence of leaf age on total phenolic, flavonoids, and free radical scavenging capacity of *Aquilaria beccariana*. *RJPBCS.* 8(1) : 129-133