

BUKTI KORESPONDENSI
ARTIKEL JURNAL NASIONAL TERAKREDITASI

Judul : Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-Apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda
Jurnal : Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia/JPHPI (**SINTA 2**)
Penulis : **Sabri Sudirman***, Erina Aprilia, Miftahul Janna
Kontribusi : **Penulis Pertama** dan **Korespondensi**

No.	Perihal	Tanggal
1.	Bukti submit dan konfirmasi submit artikel	16 Juni 2022
2.	Manuscript 1 st revision	29 Juni 2022
3.	Manuscript accepted	11 Juli 2022
4.	Galley proof	Agustus 2022
5.	Article published	Agustus 2022

Bukti submit dan konfirmasi submit

The screenshot shows the submission management interface for the journal 'Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia'. The submission title is 'Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (Pistia stratiotes) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda' by Sabri Sudirman, Erina Aprilia, and Miftahul Janna. The submission is in the 'Production' stage. The 'Submission Files' section lists two files: '177711-1 Article Text' (June 16, 2022) and '178817-1 adminjphpi, apu-apu review.docx' (June 24, 2022). The 'Pre-Review Discussions' section shows a discussion from 'Administrasi' on June 16, 2022, with 3 replies.

[JPHPI] Submission Acknowledgement External Inbox x



Nurjanah <jurnal@apps.ipb.ac.id>
to me

16 Jun 2022, 11:32 ☆ ↶ ⋮

Sabri:

Thank you for submitting the manuscript, "Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (Pistia stratiotes) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda" to Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/authorDashboard/submission/41523>
Username: sabrisudirman22

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Nurjanah

Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi>

SURAT ORIGINALITAS NASKAH DAN ETIKA PLAGIAT

Penulis ketua dan penulis anggota dari naskah (judul):

Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda

Yang bermaksud untuk menerbitkan naskah dalam **Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (JPHPI)** menyatakan bahwa:

Naskah original, belum pernah dan tidak akan menerbitkan diterbitkan di Jurnal Lain selama masih dalam proses di JPHPI

Seluruh penulis anggota menyetujui penerbitan naskah bahkan setelah mengalami perbaikan dari penilai sejawat.

- | | Ya | Tidak |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
| • Naskah harus asli dan bebas plagiat | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Seluruh penulis menyetujui postingan lengkap dari karya ini di halaman web jurnal serta dimasukkannya referensi berbasis data yang dapat diakses di internet | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Tidak ada hasil dari peneliti lain yang digunakan dalam naskah yang diajukan tanpa persetujuan mereka, kutipan yang tepat atau pengakuan kerjasama atau bahan yang disediakan | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Hasil yang digunakan dalam naskah belum dikirim untuk penerbitan ke jurnal lainnya atau tidak juga telah diterbitkan (atau jika ya, hanya karya yang relevan yang dikutip dalam naskah ini) . | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Pengajuan naskah sesuai dengan peraturan penerbit . | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Uji coba yang dilakukan sesuai dengan hukum dan persetujuan tertulis dari Komite etik ilmiah / otoritas perawatan hewan nasional (seperti disebutkan dalam pengajuan naskah. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Pemegang hibah mengkonfirmasi bahwa mereka telah diberitahu tentang pengajuan naskah dan mereka setuju untuk penerbitan. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Ucapan terima kasih dari pihak pemberi dana | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Yang menyatakan

Nama Penulis 1 : Sabri Sudirman

Email : sabrisudirman@unsri.ac.id

Nomor telepon : 082272895571

Tanda tangan :



Nama Penulis 2 : Erina Aprilia

Email : erinaaprilias3@gmail.com

Nomor telepon : 081296070177

Tanda tangan :



Nama Penulis 3 : Miftahul Janna

Email : miftahuljannah252000@gmail.com

Nomor telepon : 081273004592

Tanda tangan :



Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda

Sabri Sudirman*, Erina Aprilia, Miftahul Janna

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian,
Universitas Sriwijaya

*Korespondensi: Jalan Palembang-Prabumulih KM.32, Indralaya 30662, Sumatera Selatan,
Indonesia; sabrisudirman@unsri.ac.id

Abstrak

Peningkatan radikal bebas dapat menyebabkan kerusakan sel dan jaringan di dalam tubuh. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kemampuan antioksidan di dalam tubuh sehingga membutuhkan antioksidan di luar tubuh. Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai sumber antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) karena memiliki golongan senyawa polifenol. Akan tetapi, senyawa polifenol bersifat termolabil sehingga proses pengeringan merupakan hal penting dalam proses preparasi dan ekstraksi. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengekstraksi senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu (*P. stratiotes*) dengan metode pengeringan yang berbeda dan menguji aktivitas antioksidan senyawa tersebut. Pengeringan dilakukan dengan 3 metode yang berbeda, yaitu pengeringan matahari, oven pada suhu 40°C, dan pengeringan beku (*freeze drying*) dan diulang sebanyak 3 kali. Data yang dihasilkan diuji menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan dan disajikan dalam bentuk grafik. Ekstraksi menghasilkan nilai rendemen tertinggi pada pengeringan beku (15,64±1,19%) dan terendah pada pengeringan matahari (8,48±3,34%). Pengujian total polifenol dan flavonoid juga menghasilkan nilai tertinggi pada pengeringan beku, yaitu masing-masing sebesar 32,94±1,34 mg GAE/g sampel kering dan 146,80±5,29 mg QE/g sampel kering, sedangkan terendah pada pengeringan matahari. Adapun tingkat aktivitas antioksidan yang dihasilkan pada pengeringan beku (IC₅₀ 266,33±5,77 mg/mL) dan oven (IC₅₀ 305,67±22,85 mg/mL) memiliki nilai yang tidak berbeda secara signifikan, tetapi nilai aktivitas tersebut lebih efektif dalam menghambat radikal bebas jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari (IC₅₀ 462,67±56,52 mg/mL). Dengan demikian, pengeringan beku dan oven dapat menjadi pilihan sebagai metode pengeringan yang tepat dalam mengekstrak senyawa polifenol dan flavonoid yang digunakan sebagai bahan antioksidan.

Kata kunci: Antioksidan, apu-apu, pengeringan, *Pistia stratiotes*, polifenol

Polyphenol Compounds and Antioxidant activity of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) Leaf Extract with Different Drying Methods

Abstract

Increased free radicals cause damage to cells and tissues in the body. This is due to the lack of antioxidant ability in the body, therefore it requires external antioxidants. One of the plants that can be used as a source of antioxidants is water lettuce (*Pistia stratiotes*) because it has polyphenol compounds. However, polyphenolic compounds are thermolabile, so the drying process is important in preparation and extraction. Thus, this study aimed to extract polyphenolic compounds from the leaves of the water lettuce (*P. stratiotes*) with different drying methods and to determine the antioxidant activity of these compounds. Drying was carried out by 3 different methods, namely sun drying, oven at 40°C, and freeze drying and repeated 3 times. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) with Duncan's post-hoc test and presented in graphical form. The results showed the highest extraction yield on freeze-drying (15.64±1.19%) and the lowest on sun-drying (8.48±3.34%). Total polyphenols and flavonoids were also highest in the freeze-drying method (32.94±1.34 mg GAE/g dry sample and 146.80±5.29 mg QE/g dry sample, respectively), while the lowest was in sun-drying. Whereas the antioxidant activity of freeze-drying (IC₅₀ 266.33±5.77 mg/mL) and oven (IC₅₀ 305.67±22.85 mg/mL) had not significantly different. However, these activities were more effective in inhibiting free radicals when compared with sun-drying (IC₅₀ 462.67±56.52 mg/mL). Therefore, freeze-drying and oven-drying can be an option as an appropriate drying method to extract polyphenol and flavonoid compounds which are used as antioxidants.

Keywords: Antioxidants, bioactive compounds, drying temperature, *Pistia stratiotes*

PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan senyawa yang secara alami diproduksi dalam proses biologis yang terjadi di dalam tubuh. Dalam kondisi normal, tubuh memiliki sistem pertahanan antioksidan primer yang bersifat enzimatik. Antioksidan ini dapat meredam paparan radikal bebas yang berlangsung di dalam tubuh (Phaniendra *et al.*, 2014). Akan tetapi, radikal bebas juga dapat diakibatkan oleh adanya faktor eksternal atau dari lingkungan yang mengakibatkan tingginya akumulasi radikal bebas di dalam tubuh (Lobo *et al.*, 2010). Radikal bebas yang tinggi tersebut dapat mengakibatkan kerusakan sel dan jaringan, gangguan metabolisme, penuaan dini, kanker, dan penyakit kardiovaskular (Marseglia *et al.*, 2014; Pizzino *et al.*, 2017; Liguori *et al.*, 2018). Oleh karena itu, untuk mencegah proses oksidasi dan menghambat paparan radikal bebas tersebut, tubuh memerlukan tambahan antioksidan yang bersumber dari luar tubuh atau antioksidan eksternal.

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah terjadinya oksidasi atau menghambat paparan radikal bebas di dalam tubuh. Senyawa antioksidan dapat menyumbangkan atom Hidrogen atau salah satu elektronnya ke senyawa radikal bebas sehingga senyawa tersebut dapat bersifat stabil dan proses oksidasi dapat terhambat (Lee *et al.*, 2015). Antioksidan sintetik secara umum digunakan untuk mencegah proses oksidasi, akan tetapi adanya indikasi yang melaporkan bahwa senyawa tersebut berkaitan dengan timbul beberapa penyakit sehingga penggunaannya telah banyak mendapat perhatian di beberapa negara maju (Botterweck *et al.*, 2000; Kornienko *et al.*, 2019). Oleh karena itu, antioksidan alami terutama yang bersumber dari tumbuhan menjadi salah satu alternatif sebagai senyawa antioksidan yang potensial karena bersifat lebih aman dan mudah diperoleh. Salah satu tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*).

Tumbuhan apu-apu (*P. stratiotes*) merupakan tumbuhan yang hidup mengapung di permukaan perairan. Penelitian sebelumnya menghasilkan bahwa ekstrak daun tumbuhan ini

memiliki kandungan senyawa bioaktif, misalnya polifenol, flavonoid dan tanin (Sudirman *et al.*, 2017; Sudirman *et al.*, 2021). Dalam proses ekstraksi senyawa bioaktif terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kualitas senyawa tersebut, baik dari tingkat rendemen hingga aktivitas fungsionalnya. Adapun beberapa hal tersebut, yaitu metode pengeringan sampel, pemilihan pelarut, rasio antara sampel dan pelarut serta suhu ekstraksi (Chirinos *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2016).

Metode pengeringan dapat dilakukan secara alami dengan sinar bantuan matahari atau menggunakan alat pengering misalnya oven dan *freeze dryer* yang memiliki suhu dan mekanisme pengeringan yang berbeda (Kankara *et al.*, 2014). Metode pengeringan tersebut merupakan hal yang penting karena dapat mempengaruhi aktivitas senyawa antioksidan pada bahan yang diekstrak. Senyawa antioksidan merupakan senyawa yang sensitif terhadap suhu dan bersifat termolabil (Ledesma-Escobar *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017). Dengan demikian, penulis berhipotesis bahwa perbedaan metode pengeringan dapat memberikan pengaruh terhadap kandungan senyawa polifenol dan antioksidan pada hasil ekstraksi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengekstrak senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) yang dikeringkan dengan metode pengeringan yang berbeda dan mengukur aktivitas antioksidan senyawa tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) segar. Bahan yang digunakan dalam proses ekstraksi, yaitu akuades dan etanol. Bahan-bahan kimia lainnya, yaitu metanol, asam galat, aluminium klorida, sodium karbonat, pereaksi Folin-Ciocalteu's, radikal bebas 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), dan kuersetin. Adapun alat-alat yang digunakan selama proses penelitian, yaitu timbangan analitik, *water bath*

shaker, pipet mikro, oven, *rotary vacuum evaporator* (Biobase RE-301, Shandong, China), *freeze dryer* (Biobase BK-FD10S, Shandong, China), dan spektrofotometer UV-Vis (Genesys 150 ThermoScientific, Massachusetts, USA).

Metode Penelitian

Preparasi dan proses ekstraksi

Daun tumbuhan apu-apu diperoleh dari perairan rawa di Desa Sukaraja, Indralaya, Sumatera Selatan. Daun tumbuhan tersebut kemudian ditransportasikan ke laboratorium. Daun tersebut kemudian dibersihkan dan dicuci untuk menghilangkan bahan pengotor. Daun tersebut kemudian dikeringkan menggunakan tiga metode pengeringan yang berbeda, yaitu pengeringan dengan sinar matahari langsung, oven pada suhu 40°C, dan *freeze dryer*. Proses pengeringan dengan bantuan sinar matahari dilakukan selama 3 hari dan oven dilakukan selama 12 jam berdasarkan metode yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Kankara *et al.*, 2014). Pengeringan dengan *freeze dryer* dilakukan pada suhu -56°C dengan tekanan vakum 10 kPa selama 48 jam.

Proses ekstraksi dengan metode maserasi dilakukan setelah proses pengeringan berlangsung. Proses ekstraksi dilakukan berdasarkan metode yang telah dipublikasi oleh peneliti sebelumnya (Chew *et al.*, 2011; Sudirman *et al.*, 2021). Secara singkat, sebanyak 20 g sampel kering dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 200 mL etanol 70% (etanol dalam air, v/v). campuran tersebut kemudian dimaserasi selama 3 jam pada suhu ruang dan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 100 rpm. Setelah 3 jam, filtrat dan residu kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring Whatman 42. Filtrat kemudian disimpan pada tabung pengoleksi, sedangkan residu diekstrak kembali dengan pelarut etanol 70% yang baru dengan kondisi sama seperti ekstraksi pertama. Total ekstrak dilakukan sebanyak 5 kali. Filtrat tersebut kemudian digabungkan dan dievaporasi menggunakan *rotary vacuum evaporator*.

Filtrat hasil evaporasi kemudian dikering-bekukan dengan *freeze dryer* sehingga diperoleh ekstrak kering dalam bentuk serbuk. Rendemen masing-masing ekstrak berdasarkan metode pengeringan diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat ekstrak (g)}}{\text{Berat kering (g)}} \times 100\%$$

Analisis total polifenol dan flavonoid

Analisis total polifenol dianalisis menggunakan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dan dilakukan berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Ekstrak sebanyak 100 mg dilarutkan dalam 10 mL akuades sehingga diperoleh konsentrasi ekstrak sebesar 10 mg/mL. Sebanyak 0,2 mL larutan ekstrak kemudian dicampurkan dengan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dalam tabung reaksi dan direaksikan selama 5 menit. Larutan sodium karbonat (8% dalam air, b/v) dimasukkan ke dalam tabung reaksi tersebut dan ditambahkan akuades hingga volume mencapai 3 mL. Campuran tersebut kemudian direaksikan dalam kondisi gelap pada suhu ruang selama 30 menit dan kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3.000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian diukur absorbansi pada panjang gelombang 750 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Asam galat (*gallic acid*) digunakan sebagai standar untuk menentukan kadar polifenol dalam ekstrak sehingga total polifenol dinyatakan dalam mg *gallic acid equivalent* (GAE) per g sampel kering.

Analisis kandungan flavonoid dilakukan dengan metode *aluminium chloride colorimetric* berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Secara singkat, sebanyak 0,6 mL larutan ekstrak (10 mg/mL dalam akuades, b/v) direaksikan dengan 20% *aluminium chloride* (1:1, v/v) selama 60 menit pada suhu ruang. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm. Kuersetin (*quercetin*) digunakan sebagai standar untuk menghitung kadar flavonoid yang

terkandung di dalam ekstrak. Total flavonoid dinyatakan dalam mg *quercetin equivalent* (QE) per g sampel kering.

Analisis Aktivitas Antioksidan

Pengukuran aktivitas antioksidan diukur berdasarkan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) berdasarkan metode yang dipublikasikan sebelumnya (Chew *et al.*, 2008). Ekstrak dilarutkan menggunakan metanol dalam berbagai konsentrasi (0 – 1000 µg/mL). Larutan ekstrak (1 mL) dicampurkan dengan 0,2 mM larutan DPPH (1:1, v/v). Campuran tersebut kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu 37°C selama 30 menit. Absorbansi kemudian diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Persentase (%) penghambatan radikal bebas diukur berdasarkan persamaan berikut ini:

$$\text{Persentase (\%)} \text{ inhibisi} = \frac{A_{\text{blanko}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{blanko}}} \times 100\%$$

Keterangan: $Ab_{S_{\text{blanko}}}$ = Absorbansi tanpa ekstrak pada 517 nm; $Ab_{S_{\text{sampel}}}$ = Absorbansi dengan penambahan ekstrak pada 517 nm.

Nilai *half-maximum inhibitory concentration* (IC₅₀) diperoleh dari persamaan garis linier $y=(a)x+b$. Dengan nilai y sebagai persentase penghambatan dan nilai x sebagai konsentrasi ekstrak.

Analisis Data

Semua data dinyatakan dalam rata-rata (*mean*) ± standar deviasi (SD). Data tersebut dianalisis menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan pada derajat signifikan 0,05 ($p<0,05$) yang dilakukan dengan menggunakan SPSS 22.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstrak

Rendemen ekstrak kasar dengan metode pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki nilai yang berbeda secara signifikan ($p < 0.05$) jika dibandingkan dengan pengeringan matahari (**Figure 1**). Nilai rendemen pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $15,64 \pm 1,19\%$; pengeringan dengan oven sebesar $13,54 \pm 1,83\%$ dan pengeringan dengan matahari sebesar $8,48 \pm 3,34\%$.

Ketiga metode pengeringan ini memiliki suhu pengeringan yang berbeda. Rata-rata suhu pengeringan matahari langsung yaitu sekitar $31,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$, suhu pengeringan oven yaitu 40°C , dan pengeringan-beku menggunakan suhu -56°C dengan tekanan rendah 10 kPa. Hal ini menyebabkan kadar air yang dihasilkan oleh ketiga metode pengeringan ini juga memiliki nilai yang berbeda. Kadar air pengeringan matahari memiliki nilai yang tertinggi, sedangkan pengeringan-beku (*freeze drying*) memiliki kadar air yang terendah (data tidak disajikan). Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kadar air buah stroberi dan pir hasil pengeringan-beku kurang dari 0,5%, sedangkan hidrokoloid gel yang dikering-bekukan memiliki kadar air yang berkisar antara 1,4-4,0% (Nowak and Jakubczyk, 2020). Hasil penelitian lainnya menghasilkan bahwa daun *Leptadenia hastata* yang dikeringkan dengan oven memiliki kadar air sebesar 7,33% dan pengeringan matahari sebesar 10,16% (Hassan *et al.*, 2007). Kadar air yang berbeda menyebabkan jumlah fase padat (padatan) pada masing-masing simplisia setelah proses pengeringan memiliki nilai yang berbeda. Hal ini juga mengakibatkan jumlah padatan yang diekstrak mengalami perbedaan sehingga menghasilkan rendemen ekstrak kasar yang juga berbeda. Hasil penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa pengeringan oven memiliki rendemen yang besar jika dibandingkan dengan pengeringan matahari (Wongklom and Moonsin, 2018).

Kadar Total Polifenol dan Flavonoid

Kadar total polifenol tertinggi terdapat pada metode pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $32,94 \pm 1,34$ mg GAE/g sampel kering (**Figure 2a**). Hasil ini berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) dengan pengeringan oven dan pengeringan matahari yang masing-masing memiliki nilai sebesar $18,33 \pm 2,80$ mg GAE/g sampel kering dan $12,95 \pm 0,47$ mg GAE/g sampel kering. Adapun kadar flavonoid tertinggi juga pada ekstrak daun tumbuhan apu-apu terdapat pada pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $146,80 \pm 5,29$ mg QE/g sampel kering (**Figure 2b**). Nilai tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari yang masing-masing memiliki kadar flavonoid sebesar $99,57 \pm 4,77$ mg QE/g sampel kering dan $58,80 \pm 2,40$ mg QE/g sampel kering.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pengeringan beku (*freeze drying*) daun temu hitam (*Curcuma aeruginosa*) menghasilkan kadar polifenol yang lebih tinggi ($33,06$ mg GAE/g sampel kering) jika dibandingkan dengan pengeringan dengan oven pada suhu 40°C yaitu $26,70$ mg GAE/g sampel kering (Nasir *et al.*, 2021). Hasil penelitian lainnya juga melaporkan bahwa daun *Sauropus androgynus* yang dikeringkan dengan metode pengeringan matahari memiliki kandungan senyawa polifenol yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan oven, yaitu masing-masing sebesar $19,40$ mg GAE/g sampel kering dan $23,37$ mg GAE/g sampel kering (Wongklom and Moonsin, 2018). Selain itu, penelitian tersebut juga melaporkan bahwa pengeringan matahari ($9,52$ mg QE/g sampel kering) memiliki kandungan flavonoid yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan oven ($12,54$ mg QE/g sampel kering).

Kadar polifenol dan flavonoid yang tinggi pada metode pengeringan beku (*freeze drying*) dan oven dapat disebabkan oleh kestabilan suhu dalam proses pengeringan. Akan tetapi, suhu rendah digunakan selama proses pengeringan beku dapat menjaga kestabilan komponen bioaktif terutama yang sensitif terhadap suhu tinggi, misalnya polifenol dan flavonoid. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa senyawa golongan polifenol merupakan senyawa

yang bersifat termolabil atau mudah rusak akibat suhu (Li *et al.*, 2017). Hal ini menyebabkan kandungan kedua senyawa tersebut lebih tinggi pada pengeringan beku jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari. Di sini lain, pengeringan dengan matahari berlangsung secara tidak konstan dan bergantung terhadap cuaca yang dapat menyebabkan rusaknya komponen polifenol. Hal ini didukung oleh hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa penurunan kadar polifenol pada pengeringan matahari dan oven dapat disebabkan oleh enzim polifenol oksidase (Gümüşay *et al.*, 2015). Enzim ini dapat menyebabkan hilangnya kompleks fenolik dalam sampel (Bennett *et al.*, 2011). Hal ini juga terjadi pada senyawa flavonoid yang merupakan salah satu kelompok senyawa polifenol (Mutha *et al.*, 2021). Peneliti sebelumnya juga menyatakan bahwa flavonoid merupakan senyawa yang memiliki struktur dasar fenol yang sensitif terhadap panas dan mudah teroksidasi (Ledesma-Escobar *et al.*, 2016).

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan ekstrak dengan pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki nilai yang tidak berbeda signifikan yaitu masing-masing dengan *half-maximum inhibitory concentration* (IC₅₀) sebesar 266,33±5,77 mg/mL dan 305,67±22,85 mg/mL (**Figure 3**). Akan tetapi, nilai kedua metode pengeringan tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0.05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari yaitu dengan IC₅₀ sebesar 462,67±56,52 mg/mL. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa pengeringan matahari memiliki aktivitas antioksidan lebih rendah jika dibandingkan pengeringan oven dan pengeringan beku (Gümüşay *et al.*, 2015).

Nilai aktivitas antioksidan yang tinggi pada pengeringan beku (*freeze drying*) dan oven jika dibandingkan dengan pengeringan matahari disebabkan oleh kandungan senyawa polifenol dan flavonoid yang juga tinggi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang

melaporkan bahwa kandungan total polifenol yang tinggi pada ekstrak menghasilkan aktivitas antioksidan yang juga tinggi pada ekstrak tersebut (Yi and Wetzstein, 2011). Golongan polifenol dapat mendonorkan atom Hidrogen ke senyawa radikal bebas sehingga dapat berfungsi sebagai antioksidan (Matyas *et al.*, 2019). Selain itu juga, golongan senyawa ini juga dapat meredam reaksi oksidasi melalui mekanisme transfer elektron (Lee *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Pada penelitian ini senyawa golongan polifenol telah berhasil diekstrak dengan metode pengeringan yang berbeda. Metode pengeringan yang berbeda tersebut juga menghasilkan nilai rendemen, total polifenol, flavonoid dan antioksidan yang berbeda. Pengeringan dengan metode *freeze dryer* menghasilkan kadar total polifenol dan flavonoid yang tinggi dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya. Adapun nilai aktivitas antioksidan, pengeringan *oven* dan *freeze dryer* memiliki nilai tidak berbeda nyata. Dengan demikian, metode pengeringan untuk mengekstrak senyawa antioksidan dari daun tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) dapat dilakukan memilih salah satu dari kedua metode pengeringan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, L.E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeleffer, P.R., 2011. Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods* 3, 115-124.
- Botterweck, A.A.M., Verhagen, H., Goldbohm, R.A., Kleinjans, J., van den Brandt, P.A., 2000. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands Cohort Study. *Food and Chemical Toxicology* 38, 599-605.

- Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M.H., Elsohly, M.A., Khan, I.A., 2014. Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study. *Evid Based Complement Alternat Med* 2014, 253875.
- Chew, K.K., Ng, S.Y., Thoo, Y.Y., Khoo, M.Z., Wan Aida, W.M., Ho, C.W., 2011. Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Centella asiatica* extracts. *International Food Research Journal* 18:, 571-578.
- Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M., Khoo, K.S., 2008. Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia. *LWT - Food Science and Technology* 41, 1067-1072.
- Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., Larondelle, Y., 2007. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology* 55, 217-225.
- Gümüşay, Ö.A., Borazan, A.A., Ercal, N., Demirkol, O., 2015. Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chem.* 173, 156-162.
- Hassan, S.W., Umar, R.A., Matazu, I.K., Maishanu, H.M., Abbas, A.Y., Sani, A.A., 2007. The Effect of Drying Method on the Nutrients and Non-Nutrients Composition of Leaves of *Leptadenia hastata* (Asclpiadaceae). *Asian Journal of Biochemistry* 2, 188-192.
- Kankara, S., Mustafa, M., Ibrahim, M.H., Nulit, R., Go, R., 2014. Effect of Drying Methods, Solid-Solvent Ratio, Extraction Time and Extraction Temperature on Phenolic Antioxidants and Antioxidant Activity of *Guiera senegalensis* J.F. Gmel (Combretaceae) Leaves Water Extract. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics* 2, 1378-1392.

- Kornienko, J.S., Smirnova, I.S., Pugovkina, N.A., Ivanova, J.S., Shilina, M.A., Grinchuk, T.M., Shatrova, A.N., Aksenov, N.D., Zenin, V.V., Nikolsky, N.N., Lyublinskaya, O.G., 2019. High doses of synthetic antioxidants induce premature senescence in cultivated mesenchymal stem cells. *Scientific Reports* 9.
- Ledesma-Escobar, C.A., Priego-Capote, F., Luque de Castro, M.D., 2016. Comparative Study of the Effect of Sample Pretreatment and Extraction on the Determination of Flavonoids from Lemon (*Citrus limon*). *Plos One* 11.
- Lee, C.Y., Nanah, C.N., Held, R.A., Clark, A.R., Huynh, U.G.T., Maraskine, M.C., Uzarski, R.L., McCracken, J., Sharma, A., 2015. Effect of electron donating groups on polyphenol-based antioxidant dendrimers. *Biochimie* 111, 125-134.
- Lee, N.Y., Yunus, M.A.C., Idham, Z., Ruslan, M.S.H., Aziz, A.H.A., Irwansyah, N., 2016. Extraction and identification of bioactive compounds from agarwood leaves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 162.
- Li, Y., Li, S., Lin, S.-J., Zhang, J.-J., Zhao, C.-N., Li, H.-B., 2017. Microwave-Assisted Extraction of Natural Antioxidants from the Exotic *Gordonia axillaris* Fruit: Optimization and Identification of Phenolic Compounds. *Molecules* 22.
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., Abete, P., 2018. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging* Volume 13, 757-772.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N., 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews* 4, 118-126.
- Marseglia, L., Manti, S., D'Angelo, G., Nicotera, A., Parisi, E., Di Rosa, G., Gitto, E., Arrigo, T., 2014. Oxidative Stress in Obesity: A Critical Component in Human Diseases. *International Journal of Molecular Sciences* 16, 378-400.

- Matyas, M., Hasmasanu, M.G., Zaharie, G., 2019. Antioxidant Capacity of Preterm Neonates Assessed by Hydrogen Donor Value. *Medicina* 55.
- Mutha, R.E., Tatiya, A.U., Surana, S.J., 2021. Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* 7.
- Nasir, W.N.H.W., Ibrahim, N.N.A., Woon, K.H., Abu Bakar Sajak, A., Sofian-Seng, N.-S., Wan Mustapha, W.A., Abdul Rahman, H., 2021. Effects of Different Drying Methods and Solvents on Biological Activities of *Curcuma aeruginosa* Leaves Extract. *Sains Malaysiana* 50, 2207-2218.
- Nowak, D., Jakubczyk, E., 2020. The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods* 9.
- Phaniendra, A., Jestadi, D.B., Periyasamy, L., 2014. Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* 30, 11-26.
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., Bitto, A., 2017. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2017, 1-13.
- Sudirman, S., Herpandi, Safitri, E., Apriani, E.F., Taqwa, F.H., 2021. Total polyphenol and flavonoid contents and antioxidant activities of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leave extracts. *Food Research*.
- Sudirman, S., Herpandi, H., Nopianti, R., Dwita Lestari, S., Wasahla, W., Mareta, H., 2017. Phenolic Contents, Tannin, Vitamin C, and Vitamin E of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*). *Oriental Journal of Chemistry* 33, 3173-3176.

- Wongklom, A., Moonsin, P., 2018. Effect of drying methods on antioxidant capacity, total phenolic and flavonoid contents of Phakwan (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) powder. SNRU Journal of Science and Technology 10, 96-103.
- Yi, W., Wetzstein, H.Y., 2011. Effects of Drying and Extraction Conditions on the Biochemical Activity of Selected Herbs. HortScience 46, 70-73.

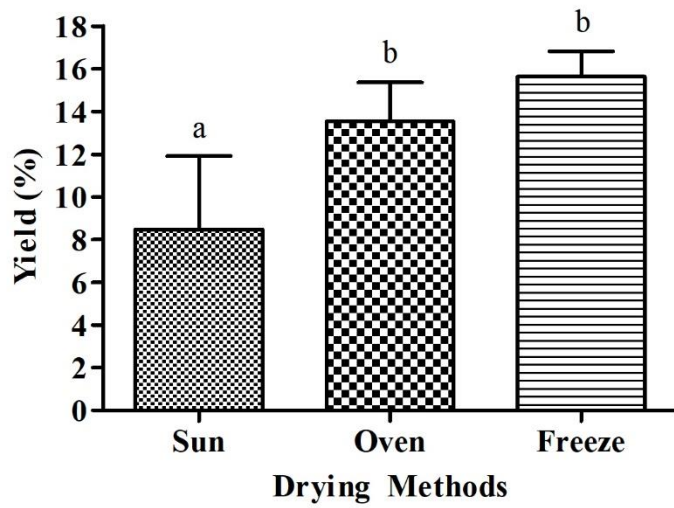


Figure 1 Yield of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leaf extract with different drying methods. Data was shown as mean \pm SD ($n=3$). Different letter (a-b) indicated significant difference at $p<0.05$.

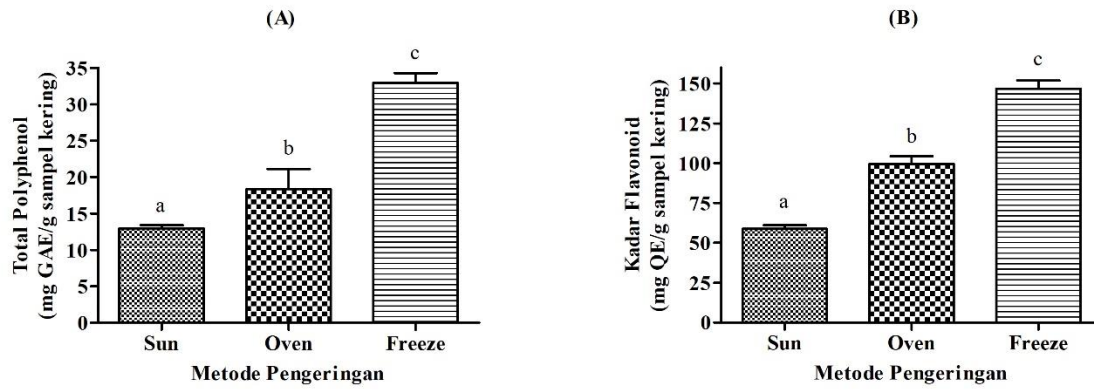


Figure 2 Total polyphenol (a) and flavonoid content (b) of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leaf extract with different drying methods. Data was shown as mean \pm SD ($n=3$). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p < 0.05$.

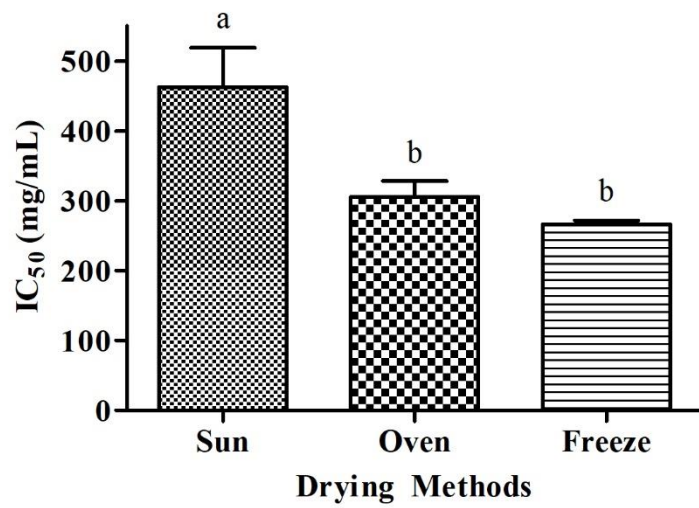


Figure 3 Antioxidant activity of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leaf extract with different drying methods. Data was shown as mean \pm SD ($n=3$). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p<0.05$.

Manuscript 1st revision

The screenshot shows the submission management interface for the journal 'Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia'. The article title is 'Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (Pistia stratiotes) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda' by Sabri Sudirman, Erina Aprilia, and Miftahul Janna. The submission is in the 'Production' stage of 'Round 1'. The 'Round 1 Status' is 'Submission accepted.' There are two notifications for '[JPHPI] Editor Decision' dated 2022-06-29 07:31 PM and 2022-07-11 10:49 AM. A search bar for 'Reviewer's Attachments' is visible at the bottom.

The screenshot shows an email notification from 'Taufik Hidayat BPPT' (journal@apps.ipb.ac.id) to 'Erina, Miftahul'. The subject is '[JPHPI] Editor Decision'. The email content states: 'We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, "Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (Pistia stratiotes) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda". Our decision is to: revision required'. The email includes a link to the journal website: 'http://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi'. At the bottom, there are four attachments: 'E-apu-apu revie...', 'D-41523-Article T...', 'C-20220628 Apu-...', and 'B-41523-Article T...'.

Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda

Sabri Sudirman*, Erina Aprilia, Miftahul Janna

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian,
Universitas Sriwijaya

*Korespondensi: Jalan Palembang-Prabumulih KM.32, Indralaya 30662, Sumatera Selatan,
Indonesia; sabrisudirman@unsri.ac.id

Abstrak

Peningkatan radikal bebas yang meningkat dapat menyebabkan kerusakan pada sel dan jaringan di dalam tubuh. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kemampuan antioksidan di dalam tubuh dalam meredam paparan radikal bebas, sehingga membutuhkan antioksidan di luar tubuh. Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai sumber antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) karena memiliki golongan senyawa polifenol. Akan tetapi, namun senyawa polifenol bersifat termolabil sehingga proses pengeringan merupakan hal penting dalam proses preparasi dan ekstraksi. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengekstraksi senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu (*P. stratiotes*) dengan metode pengeringan yang berbeda dan menguji aktivitas antioksidan senyawa tersebut. Pengeringan dilakukan dengan 3 metode yang berbeda, yaitu pengeringan matahari, oven pada suhu 40°C, dan pengeringan beku (*freeze drying*) dan diulang sebanyak 3 kali pengulangan. Data yang dihasilkan diujikan analisis menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan dan disajikan dalam bentuk grafik. Ekstraksi menghasilkan nilai rendemen tertinggi pada pengeringan beku (15,64±1,19%) dan terendah pada pengeringan matahari (8,48±3,34%). Pengujian total polifenol dan flavonoid juga menghasilkan nilai tertinggi pada pengeringan beku, yaitu masing-masing sebesar 32,94±1,34 mg GAE/g sampel kering dan 146,80±5,29 mg QE/g sampel kering, sedangkan terendah pada pengeringan matahari. Adapun tingkat aktivitas antioksidan yang dihasilkan pada pengeringan beku (dengan IC₅₀ sebesar 266,33±5,77 mg/mL) dan pengeringan dan oven (IC₅₀ sebesar 305,67±22,85 mg/mL yang memiliki aktivitas yang lebih) memiliki nilai yang tidak berbeda secara signifikan, tetapi nilai aktivitas tersebut lebih efektif dalam menghambat radikal bebas jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari (dengan IC₅₀ sebesar 462,67±56,52 mg/mL). Dengan demikian, pada penelitian ini disimpulkan bahwa metode pengeringan beku dan oven dapat menjadi pilihan sebagai metode pengeringan yang tepat dalam mengekstrak senyawa polifenol dan flavonoid yang digunakan sebagai bahan antioksidan.

Kata kunci: Antioksidan, apu-apu, pengeringan, *Pistia stratiotes*, polifenol

Polyphenol Compounds and Antioxidant activity of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) Leaf Extract with Different Drying Methods

Abstract

Increased-Increasing of free radicals cause damage to cells and tissues in the body. This is due to the lack of antioxidant ability in the body, therefore it requires external antioxidants. One of the plants that can be used as a source of antioxidants is water lettuce (*Pistia stratiotes*) because it has-contained polyphenol compounds. However, polyphenolic compounds are thermolabile, so the drying process is important in preparation and extraction. Thus, this study aimed to extract polyphenolic compounds from the leaves of the water lettuce (*P. stratiotes*) with different drying methods and to determine the antioxidant activity of these compounds. Drying was carried out by 3 different methods, namely sun drying, oven at 40°C, and freeze drying and with repeated-3 times repetition. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) with Duncan's post-hoc test and presented in graphical form. The results showed that the freeze-drying (15.64±1.19%) method showed highest extraction yield on freeze-drying (15.64±1.19%) and the lowest on when compared to oven-drying (13.54±1.83%) and sun-drying (8.48±3.34%). Total polyphenols and flavonoids were were-also highest in the freeze-drying method (32.94±1.34 mg GAE/g dry sample and 146.80±5.29 mg QE/g dry sample, respectively), while the lowest was in sun-drying. Whereas the antioxidant activity of freeze-drying (IC₅₀ 266.33±5.77 mg/mL) and oven-drying (IC₅₀ 305.67±22.85 mg/mL) had not significantly different. However, these activities were more effective in inhibiting free radicals when compared with sun-drying (IC₅₀ 462.67±56.52 mg/mL). Therefore, freeze-drying and oven-drying can be an option as an appropriate drying method to extract polyphenol and flavonoid compounds which are used as antioxidants.

Formatted: Not Superscript/ Subscript

Keywords: Antioxidants, bioactive compounds, drying temperature, *Pistia stratiotes*

PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan senyawa yang secara alami diproduksi dalam proses biologis yang terjadi di dalam tubuh. Dalam kondisi normal, tubuh memiliki sistem pertahanan antioksidan primer yang bersifat enzimatik. Antioksidan ini dapat meredam paparan radikal bebas yang berlangsung di dalam tubuh (Phaniendra *et al.*, 2014). ~~Akan tetapi, r~~Radikal bebas juga dapat diakibatkan oleh adanya faktor eksternal atau dari lingkungan yang mengakibatkan tingginya akumulasi radikal bebas di dalam tubuh (Lobo *et al.*, 2010). Radikal bebas yang tinggi tersebut dapat mengakibatkan kerusakan sel dan jaringan, gangguan metabolisme, penuaan dini, kanker, dan penyakit kardiovaskular (Marseglia *et al.*, 2014; Pizzino *et al.*, 2017; Liguori *et al.*, 2018). ~~Oleh karena ituHal ini menyebabkan , untuk mencegah proses oksidasi dan menghambat paparan radikal bebas tersebut,~~ tubuh memerlukan tambahan antioksidan yang bersumber dari luar tubuh atau antioksidan eksternal untuk mencegah proses oksidasi dan menghambat paparan radikal bebas tersebut.-

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah terjadinya oksidasi atau menghambat paparan radikal bebas di dalam tubuh. Senyawa antioksidan dapat menyumbangkan atom Hidrogen atau salah satu elektronnya ke senyawa radikal bebas sehingga senyawa tersebut dapat bersifat stabil dan proses oksidasi dapat terhambat (Lee *et al.*, 2015). Antioksidan sintetik secara umum digunakan untuk mencegah proses oksidasi, akan tetapi adanya indikasi yang melaporkan bahwa senyawa tersebut berkaitan dengan timbul beberapa penyakit sehingga penggunaannya telah banyak mendapat perhatian di beberapa negara maju (Botterweck *et al.*, 2000; Kornienko *et al.*, 2019). ~~Oleh karena itu, Hal ini menyebabkan~~ antioksidan alami terutama yang bersumber dari tumbuhan menjadi salah satu alternatif sebagai

senyawa antioksidan yang potensial karena bersifat lebih aman dan mudah diperoleh. Salah satu tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*).

Tumbuhan apu-apu (*P-istia stratiotes*) merupakan tumbuhan yang hidup mengapung di permukaan perairan. Penelitian sebelumnya ~~menghasilkan~~ melaporkan bahwa ekstrak daun tumbuhan ini memiliki kandungan senyawa bioaktif, misalnya polifenol, flavonoid dan tanin dan memiliki aktivitas antioksidan (Sudirman *et al.*, 2017; Sudirman *et al.*, 2021). ~~Dalam~~ pProses ekstraksi senyawa bioaktif terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kualitas ~~senyawa tersebut, baik dari tingkat~~ rendemen ~~hingga dan~~ aktivitas fungsionalnya. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa perbedaan pelarut yang digunakan (akuades dan etanol 70%) untuk mengekstrak daun tumbuhan apu-apu menghasilkan perbedaan kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan (Sudirman *et al.*, 2021). Faktor lain yang perlu diperhatikan dalam proses ekstraksi. ~~Adapun beberapa hal tersebut, yaitu~~ metode pengeringan sampel, ~~pemilihan pelarut,~~ rasio antara sampel dan pelarut serta suhu ekstraksi (Chirinos *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2016). ~~(Sudirman et al., 2021)~~ Metode pengeringan merupakan hal yang penting karena dapat mempengaruhi aktivitas senyawa antioksidan pada bahan yang diekstrak. Hal ini karena senyawa antioksidan merupakan senyawa yang sensitif terhadap suhu dan bersifat termolabil (Ledesma-Escobar *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017).

Metode pengeringan dapat dilakukan secara alami dengan sinar bantuan matahari atau menggunakan alat pengering misalnya oven dan *freeze dryer* yang memiliki suhu dan mekanisme pengeringan yang berbeda (Kankara *et al.*, 2014). ~~Metode pengeringan tersebut merupakan hal yang penting karena dapat mempengaruhi aktivitas senyawa antioksidan pada bahan yang diekstrak.~~ Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa suhu pengeringan dapat mempengaruhi kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan ekstrak daun *Curcuma* ~~*argyrea* (Nardjaya, 2017) dan *Curcuma* (Cintya, 2015) dan senyawa bioaktif yang diekstraksi dari *Curcuma* (Kusuma, 2017) dan hipotesis bahwa perbedaan metode pengeringan juga dapat memberikan pengaruh terhadap~~

kandungan senyawa polifenol dan antioksidan pada ~~hasil ekstraksi ekstrak daun tumbuhan apu-apu. Oleh karena itu, penelitian~~ ini bertujuan mengekstrak senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) yang dikeringkan dengan metode pengeringan yang berbeda dan mengukur aktivitas antioksidan senyawa tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) segar. Bahan yang digunakan dalam proses ekstraksi, yaitu akuades dan etanol. Bahan-bahan kimia lainnya, yaitu metanol, asam galat, aluminium klorida, sodium karbonat, pereaksi Folin-Ciocalteu's, radikal bebas 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), dan kuersetin. Adapun alat-alat yang digunakan selama proses penelitian, yaitu timbangan analitik, *water bath shaker*, pipet mikro, oven, *rotary vacuum evaporator* (Biobase RE-301, Shandong, China), *freeze dryer* (Biobase BK-FD10S, Shandong, China), dan spektrofotometer UV-Vis (Genesys 150 ThermoScientific, Massachusetts, USA).

Metode Penelitian

Preparasi dan proses ekstraksi

Daun tumbuhan apu-apu diperoleh dari perairan rawa di Desa Sukaraja, Indralaya, Sumatera Selatan. ~~Daun tumbuhan tersebut kemudian ditransportasikan ke laboratorium.~~ Daun tersebut kemudian dibersihkan dan dicuci untuk menghilangkan bahan pengotor. Daun tersebut kemudian dikeringkan menggunakan tiga metode pengeringan yang berbeda, yaitu pengeringan dengan sinar matahari langsung, oven pada suhu 40°C, dan *freeze dryer*. Proses pengeringan dengan bantuan sinar matahari dilakukan selama 3 hari dan oven dilakukan selama 12 jam berdasarkan metode yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Kankara *et al.*, 2014).

Pengeringan dengan *freeze dryer* dilakukan pada suhu -56°C dengan tekanan vakum 10 kPa selama 48 jam.

Proses ekstraksi dengan metode maserasi ~~dilakukan setelah proses pengeringan berlangsung. Proses ekstraksi dilakukan berdasarkan metode yang telah dipublikasi oleh yang mengacu pada penelitian~~ sebelumnya (Chew *et al.*, 2011; Sudirman *et al.*, 2021). ~~Secara singkat, Sampel kering~~ sebanyak 20 g ~~sampel kering~~ dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 200 mL etanol 70% (etanol dalam air, v/v). campuran tersebut kemudian dimaserasi selama 3 jam pada suhu ruang dan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 100 rpm. Setelah 3 jam, filtrat dan residu kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Filtrat kemudian disimpan pada tabung pengoleksi, sedangkan residu diekstrak kembali dengan pelarut etanol 70% yang baru dengan kondisi sama seperti ekstraksi pertama. Total ekstrak dilakukan sebanyak 5 kali. Filtrat tersebut kemudian digabungkan dan dievaporasi menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Filtrat hasil evaporasi kemudian dikering-bekukan dengan *freeze dryer* sehingga diperoleh ekstrak kering dalam bentuk serbuk. Rendemen masing-masing ekstrak berdasarkan metode pengeringan diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat ekstrak (g)}}{\text{Berat kering (g)}} \times 100\%$$

Analisis total polifenol dan flavonoid

Analisis total polifenol dianalisis menggunakan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dan dilakukan berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Ekstrak sebanyak 100 mg dilarutkan dalam 10 mL akuades sehingga diperoleh konsentrasi ekstrak sebesar 10 mg/mL. Sebanyak 0,2 mL larutan ekstrak kemudian dicampurkan dengan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dalam tabung reaksi dan direaksikan selama 5 menit. Larutan sodium karbonat (8% dalam air, b/v) dimasukkan ke dalam tabung

reaksi tersebut dan ditambahkan akuades hingga volume mencapai 3 mL. Campuran tersebut kemudian direaksikan dalam kondisi gelap pada suhu ruang selama 30 menit dan kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3.000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian diukur absorbansi pada panjang gelombang 750 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Asam galat (*gallic acid*) digunakan sebagai standar untuk menentukan kadar polifenol dalam ekstrak sehingga total polifenol dinyatakan dalam mg *gallic acid equivalent* (GAE) per g sampel kering.

Analisis kandungan flavonoid dilakukan dengan metode *aluminium chloride colorimetric* berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Secara singkat, sebanyak 0,6 mL larutan ekstrak (10 mg/mL dalam akuades, b/v) direaksikan dengan 20% *aluminium chloride* (1:1, v/v) selama 60 menit pada suhu ruang. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm. Kuersetin (*quercetin*) digunakan sebagai standar untuk menghitung kadar flavonoid yang terkandung di dalam ekstrak. Total flavonoid dinyatakan dalam mg *quercetin equivalent* (QE) per g sampel kering.

Analisis Aktivitas Antioksidan

Pengukuran aktivitas antioksidan diukur berdasarkan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) berdasarkan metode yang dipublikasikan sebelumnya (Chew *et al.*, 2008). Ekstrak dilarutkan menggunakan metanol dalam berbagai konsentrasi (0 – 1000 µg/mL). Larutan ekstrak (1 mL) dicampurkan dengan 0,2 mM larutan DPPH (1:1, v/v). Campuran tersebut kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu 37°C selama 30 menit. Absorbansi kemudian diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Persentase (%) penghambatan radikal bebas diukur berdasarkan persamaan berikut ini:

$$\text{Persentase (\%) inhibisi} = \frac{A_{\text{blanko}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{blanko}}} \times 100\%$$

Keterangan: $Ab_{s\text{blanko}}$ = Absorbansi tanpa ekstrak pada 517 nm; $Ab_{s\text{sampel}}$ = Absorbansi dengan penambahan ekstrak pada 517 nm.

Nilai *half-maximum inhibitory concentration* (IC_{50}) diperoleh dari persamaan garis linier $y=(a)x+b$. Dengan nilai y sebagai persentase penghambatan dan nilai x sebagai konsentrasi ekstrak.

Analisis Data

Semua data dinyatakan dalam rata-rata (*mean*) \pm standar deviasi (SD). Data tersebut dianalisis menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan pada derajat signifikan 0,05 ($p<0,05$) yang dilakukan dengan menggunakan SPSS 22.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstrak

~~Rendemen ekstrak kasar dengan m~~Metode pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki ~~rendemen yang tidak berbeda secara signifikan ($p>0,05$), namun nilai tersebut yang~~ berbeda secara signifikan ($p<0,05$) jika dibandingkan dengan pengeringan matahari (**Figure 1**). Nilai rendemen pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $15,64\pm 1,19\%$; pengeringan dengan oven sebesar $13,54\pm 1,83\%$ dan pengeringan dengan matahari sebesar $8,48\pm 3,34\%$.

Ketiga metode pengeringan ini memiliki suhu pengeringan yang berbeda. Rata-rata suhu pengeringan matahari langsung yaitu sekitar $31,0\pm 2,0^{\circ}\text{C}$, suhu pengeringan oven yaitu 40°C , dan pengeringan-beku menggunakan suhu -56°C dengan tekanan rendah 10 kPa. ~~Hal ini menyebabkan k~~Kadar air yang dihasilkan oleh ketiga metode pengeringan ini juga memiliki nilai yang berbeda. Kadar air pengeringan matahari memiliki nilai yang tertinggi, sedangkan pengeringan-beku (*freeze drying*) memiliki kadar air yang terendah (data tidak disajikan). Hasil

penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kadar air buah stroberi dan pir hasil pengeringan-beku kurang dari 0,5%, sedangkan hidrokoloid gel yang dikering-bekukan memiliki kadar air yang berkisar antara 1,4-4,0% (Nowak and Jakubczyk, 2020). Hasil penelitian lainnya menghasilkan bahwa daun *Leptadenia hastata* yang dikeringkan dengan oven memiliki kadar air sebesar 7,33% dan pengeringan matahari sebesar 10,16% (Hassan *et al.*, 2007). Kadar air yang berbeda menyebabkan jumlah fase padat (padatan) pada masing-masing simplisia setelah proses pengeringan memiliki nilai yang berbeda. Hal ini juga mengakibatkan jumlah padatan yang diekstrak mengalami perbedaan sehingga menghasilkan rendemen ekstrak kasar yang juga berbeda. Hasil penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa [tanaman *Auropus androgynus*](#) pengeringan oven memiliki rendemen yang besar jika dibandingkan dengan pengeringan matahari (Wongklom and Moonsin, 2018).

Kadar Total Polifenol dan Flavonoid

Kadar total polifenol tertinggi terdapat pada metode pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $32,94 \pm 1,34$ mg GAE/g sampel kering (**Figure 2a**). Hasil ini berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) dengan pengeringan oven dan pengeringan matahari yang masing-masing memiliki nilai sebesar $18,33 \pm 2,80$ mg GAE/g sampel kering dan $12,95 \pm 0,47$ mg GAE/g sampel kering. Adapun kadar flavonoid tertinggi juga pada ekstrak daun tumbuhan apu-apu terdapat pada pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $146,80 \pm 5,29$ mg QE/g sampel kering (**Figure 2b**). Nilai tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari yang masing-masing memiliki kadar flavonoid sebesar $99,57 \pm 4,77$ mg QE/g sampel kering dan $58,80 \pm 2,40$ mg QE/g sampel kering.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pengeringan beku (*freeze drying*) daun temu hitam (*Curcuma aeruginosa*) menghasilkan kadar polifenol yang lebih tinggi ($33,06$ mg GAE/g sampel kering) jika dibandingkan dengan pengeringan dengan

oven pada suhu 40°C yaitu 26,70 mg GAE/g sampel kering (Nasir *et al.*, 2021). Hasil penelitian lainnya juga melaporkan bahwa daun *Sauropus androgynus* yang dikeringkan dengan metode pengeringan matahari memiliki kandungan senyawa polifenol yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan oven, yaitu masing-masing sebesar 19,40 mg GAE/g sampel kering dan 23,37 mg GAE/g sampel kering (Wongklom and Moonsin, 2018). ~~Selain itu,~~ penelitian tersebut juga melaporkan bahwa pengeringan matahari (9,52 mg QE/g sampel kering) memiliki kandungan flavonoid yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan oven (12,54 mg QE/g sampel kering).

Kadar polifenol dan flavonoid yang tinggi pada metode pengeringan beku (*freeze drying*) dan oven dapat disebabkan oleh kestabilan suhu dalam proses pengeringan. Akan tetapi, suhu rendah digunakan selama proses pengeringan beku dapat menjaga kestabilan komponen bioaktif terutama yang sensitif terhadap suhu tinggi, misalnya polifenol dan flavonoid (Silva-Espinoza *et al.*, 2019). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa senyawa golongan polifenol merupakan senyawa yang bersifat termolabil atau mudah rusak akibat suhu (Li *et al.*, 2017). Hal ini menyebabkan kandungan kedua senyawa tersebut lebih tinggi pada pengeringan beku jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari. ~~Di sini lain,~~ pengeringan dengan matahari berlangsung secara tidak konstan dan bergantung terhadap cuaca yang dapat menyebabkan rusaknya komponen polifenol. ~~Hal ini didukung oleh b~~ Hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa penurunan kadar polifenol pada pengeringan matahari dan oven dapat disebabkan oleh enzim polifenol oksidase (Gümüşay *et al.*, 2015). Enzim ini dapat menyebabkan hilangnya kompleks fenolik dalam sampel (Bennett *et al.*, 2011). Hal ini juga terjadi pada senyawa flavonoid yang merupakan salah satu kelompok senyawa polifenol (Mutha *et al.*, 2021). Peneliti sebelumnya juga menyatakan bahwa flavonoid merupakan senyawa yang memiliki struktur dasar fenol yang sensitif terhadap panas dan mudah teroksidasi (Ledesma-Escobar *et al.*, 2016).

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan ekstrak dengan pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki nilai yang tidak berbeda signifikan yaitu masing-masing dengan *half-maximum inhibitory concentration* (IC₅₀) sebesar 266,33±5,77 mg/mL dan 305,67±22,85 mg/mL (**Figure 3**). ~~Akan tetapi, nilai~~ Nilai kedua metode pengeringan tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari yaitu dengan IC₅₀ sebesar 462,67±56,52 mg/mL. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa pengeringan matahari memiliki aktivitas antioksidan lebih rendah jika dibandingkan pengeringan oven dan pengeringan beku (Gümüşay *et al.*, 2015).

Nilai aktivitas antioksidan yang tinggi pada pengeringan beku (*freeze drying*) dan oven jika dibandingkan dengan pengeringan matahari disebabkan oleh kandungan senyawa polifenol dan flavonoid yang juga tinggi. ~~Hal ini sesuai dengan hasil~~ Hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa kandungan total polifenol yang tinggi pada ekstrak menghasilkan aktivitas antioksidan yang juga tinggi pada ekstrak tersebut (Yi and Wetzstein, 2011). Golongan polifenol dapat mendonorkan atom Hidrogen ke senyawa radikal bebas sehingga dapat berfungsi sebagai antioksidan (Matyas *et al.*, 2019). Selain itu juga, golongan senyawa ini juga dapat meredam reaksi oksidasi melalui mekanisme transfer elektron (Lee *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

~~Pada penelitian ini senyawa golongan polifenol telah berhasil diekstrak dengan metode pengeringan yang berbeda. Metode pengeringan yang berbeda matahari, oven dan pengeringan beku tersebut juga~~ menghasilkan nilai rendemen, total polifenol, flavonoid dan antioksidan yang berbeda. Pengeringan dengan metode ~~freeze dryer~~ pengeringan beku menghasilkan kadar total polifenol dan flavonoid yang tinggi dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya.

Adapun nilai aktivitas antioksidan Pengeringan oven dan freeze dry pengeringan beku memiliki nilai aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengeringan matahari tidak berbeda nyata. Dengan demikian, metode pengeringan oven dan pengeringan beku dapat dijadikan pilihan yang tepat untuk mengekstrak senyawa golongan polifenol yang berperan sebagai antioksidan pada tumbuhan apu-pu (*Pistia stratiotes*) dapat dilakukan pemilihan metode pengeringan terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, L.E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeleffer, P.R.,
2011. Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods* 3, 115-124.
- Botterweck, A.A.M., Verhagen, H., Goldbohm, R.A., Kleinjans, J., van den Brandt, P.A., 2000. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands Cohort Study. *Food and Chemical Toxicology* 38, 599-605.
- Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M.H., Elsohly, M.A., Khan, I.A., 2014. Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: ~~a~~A comparative study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014, 253875.
- Chew, K.K., Ng, S.Y., Thoo, Y.Y., Khoo, M.Z., Wan Aida, W.M., Ho, C.W., 2011. Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Centella asiatica* extracts. *International Food Research Journal* 18, 571-578.
- Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M., Khoo, K.S., 2008. Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia. *LWT - Food Science and Technology* 41, 1067-1072.

Formatted: Justified, Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1 cm, Line spacing: Double

Field Code Changed

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt

- Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., Larondelle, Y., 2007. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology* 55, 217-225.
- Gümüşay, Ö.A., Borazan, A.A., Ercal, N., Demirkol, O., 2015. Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chemistry* 173, 156-162.
- Hassan, S.W., Umar, R.A., Matazu, I.K., Maishanu, H.M., Abbas, A.Y., Sani, A.A., 2007. The Effect of Drying Method on the Nutrient and Non-Nutrient Composition of Leaves of *Leptadenia hastata* (Asclpiadaceae). *Asian Journal of Biochemistry* 2, 188-192.
- Kankara, S., Mustafa, M., Ibrahim, M.H., Nulit, R., Go, R., 2014. Effect of drying methods, solid-solvent ratio, extraction time and extraction temperature on phenolic antioxidants and antioxidant activity of *Guiera senegalensis* J.F. Gmel (Combretaceae) Leaves. *Water Extract*. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics* 2, 1378-1392.
- Kornienko, J.S., Smirnova, I.S., Pugovkina, N.A., Ivanova, J.S., Shilina, M.A., Grinchuk, T.M., Shatrova, A.N., Aksenov, N.D., Zenin, V.V., Nikolsky, N.N., Lyublinskaya, O.G., 2019. High doses of synthetic antioxidants induce premature senescence in cultivated mesenchymal stem cells. *Scientific Reports* 9, 1296.
- Ledesma-Escobar, C.A., Priego-Capote, F., Luque de Castro, M.D., 2016. Comparative study of the effect of sample pretreatment and extraction on the determination of flavonoids from lemon (*Citrus limon*). *Plos One* 11, e0148056.
- Lee, C.Y., Nanah, C.N., Held, R.A., Clark, A.R., Huynh, U.G.T., Maraskine, M.C., Uzarski, R.L., McCracken, J., Sharma, A., 2015. Effect of electron donating groups on polyphenol-based antioxidant dendrimers. *Biochimie* 111, 125-134.
- Lee, N.Y., Yunus, M.A.C., Idham, Z., Ruslan, M.S.H., Aziz, A.H.A., Irwansyah, N., 2016. Extraction and identification of bioactive compounds from agarwood leaves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 162, 012028.

- Li, Y., Li, S., Lin, S.-J., Zhang, J.-J., Zhao, C.-N., Li, H.-B., 2017. Microwave-assisted extraction of natural antioxidants from the exotic *Gordonia axillaris* ~~F~~fruit: Optimization and identification of phenolic compounds. *Molecules* 22, 1481.
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., Abete, P., 2018. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging* ~~Volume-13~~, 757-772.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N., 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews* 4, 118-126.
- Marseglia, L., Manti, S., D'Angelo, G., Nicotera, A., Parisi, E., Di Rosa, G., Gitto, E., Arrigo, T., 2014. Oxidative stress in obesity: ~~a~~A critical component in human diseases. *International Journal of Molecular Sciences* 16, 378-400.
- Matyas, M., Hasmasanu, M.G., Zaharie, G., 2019. Antioxidant capacity of ~~preterm-preterm~~ neonates assessed by hydrogen donor value. *Medicina* 55, 720.
- Mutha, R.E., Tatiya, A.U., Surana, S.J., 2021. Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: ~~an~~An overview. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* 7, 25.
- Nasir, W.N.H.W., Ibrahim, N.N.A., Woon, K.H., Abu Bakar Sajak, A., Sofian-Seng, N.-S., Wan Mustapha, W.A., Abdul Rahman, H., 2021. Effects of different drying methods and solvents on biological activities of *Curcuma aeruginosa* ~~Leaves~~leaves ~~Extract~~extract. *Sains Malaysiana* 50, 2207-2218.
- Nowak, D., Jakubczyk, E., 2020. The freeze-drying of foods—~~the~~The characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods* 9, 1488.
- Phaniendra, A., Jestadi, D.B., Periyasamy, L., 2014. Free radicals: ~~properties~~Properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* 30, 11-26.

- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., Bitto, A., 2017. Oxidative stress: ~~harms~~ Harms and benefits for human health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2017, 1-13.
- Silva-Espinoza, M.A., Ayed, C., Foster, T., Camacho, M.d.M., Martínez-Navarrete, N., 2019. The impact of freeze-drying conditions on the physico-chemical properties and bioactive compounds of a freeze-dried orange puree. *Foods* 9, 32.
- Sudirman, S., Herpandi, Safitri, E., Apriani, E.F., Taqwa, F.H., 2021. Total polyphenol and flavonoid contents and antioxidant activities of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leave extracts. *Food Research* ~~{Accepted paper}~~.
- Sudirman, S., Herpandi, H., Nopianti, R., Dwita Lestari, S., Wasahla, W., Mareta, H., 2017. Phenolic contents, tannin, vitamin c, and vitamin e of water lettuce (*Pistia stratiotes*). *Oriental Journal of Chemistry* 33, 3173-3176.
- Wongklom, A., Moonsin, P., 2018. Effect of drying methods on antioxidant capacity, total phenolic and flavonoid contents of ~~P~~phakwan (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) powder. *SNRU Journal of Science and Technology* 10, 96-103.
- Yi, W., Wetzstein, H.Y., 2011. ~~effects~~ Effects of drying and extraction conditions on the biochemical activity of selected herbs. *HortScience* 46, 70-73.

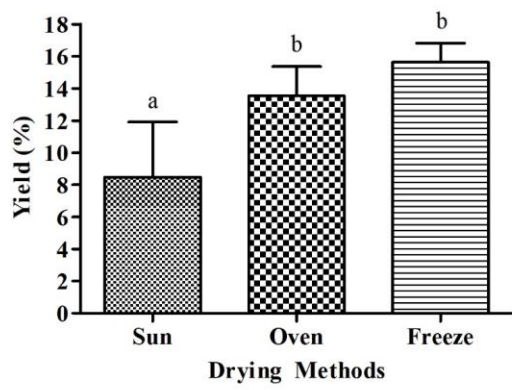


Figure 1 Yield of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leaf extract with different drying methods. Data was shown as mean \pm SD ($n=3$). Different letter (a-b) indicated significant difference at $p<0.05$.

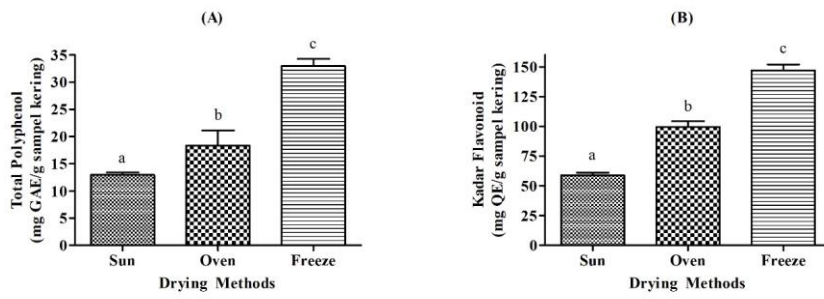


Figure 2 Total polyphenol (a) and flavonoid content (b) of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leaf extract with different drying methods. Data was shown as mean \pm SD ($n=3$). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p<0.05$.

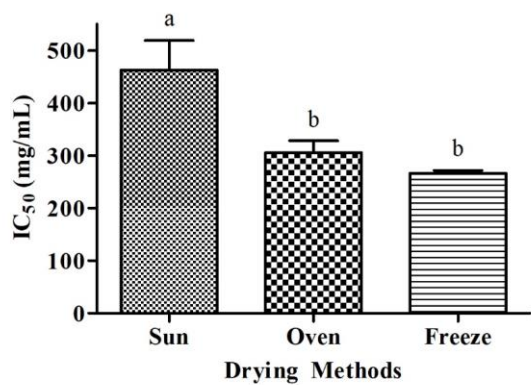


Figure 3 Antioxidant activity of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leaf extract with different drying methods. Data was shown as mean \pm SD ($n=3$). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p<0.05$.

Manuscript accepted

[JPHPI] Editor Decision External Inbox x



Taufik Hidayat BPPT <jurnal@apps.ipb.ac.id>
to me, Erina, Miftahul ▾

Mon, 11 Jul 2022, 10:49 ☆ ↶ ⋮

Dear Sabri, Erina Aprilia, Miftahul Janna:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, "Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda".

Our decision is to: accept your manuscript.

Thank you for Contribution to this journal

Best Regards,

Taufik Hidayat BPPT
Arjuna
hanomanbaru2020@protonmail.com

Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi>

One attachment • Scanned by Gmail ⓘ



Galley proof

[JPHPI] New notification from Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia External Inbox x



Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan <jurnal@apps.ipb.ac.id>
to me ▾

Wed, 10 Aug 2022, 11:45 ☆ ↶ ⋮

🗨 Indonesian ▾ > English ▾ [Translate message](#) Turn off for: Indonesian x

You have a new notification from Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia:

You have been added to a discussion titled "Proofreading" regarding the submission "Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda".

Link: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/authorDashboard/submission/41523>

Nurjanah

Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi>

↶ Reply

↷ Forward

KANDUNGAN SENYAWA POLIFENOL DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAUN TUMBUHAN APU-APU (*Pistia stratiotes*) DENGAN METODE PENGERINGAN YANG BERBEDA

Sabri Sudirman*, Erina Aprilia, Miftahul Janna

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya
Jalan Palembang-Prabumulih KM.32, Indralaya 30662, Sumatra Selatan, Indonesia

Diterima: 16 Juni 2022/Disetujui: 11 Juli 2022

*Korespondensi: sabrisudirman@unsri.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Sudirman, S., Aprilia, E., & Janna, M. (2022). Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), 235-243. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.41523>

Abstrak

Radikal bebas yang meningkat dapat menyebabkan kerusakan pada sel dan jaringan di dalam tubuh. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kemampuan antioksidan dalam meredam paparan radikal bebas sehingga membutuhkan antioksidan di luar tubuh. Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai sumber antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) karena memiliki golongan senyawa polifenol, namun senyawa polifenol bersifat termolabil sehingga proses pengeringan merupakan hal penting dalam proses preparasi dan ekstraksi. Penelitian ini bertujuan mengekstraksi senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu dengan metode pengeringan yang berbeda dan menguji aktivitas antioksidan senyawa tersebut. Pengeringan dilakukan dengan 3 metode yang berbeda, yaitu pengeringan matahari, oven pada suhu 40°C, dan pengeringan beku (*freeze drying*) dengan 3 pengulangan. Data dianalisis menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan dan disajikan dalam bentuk grafik. Ekstraksi menghasilkan nilai rendemen tertinggi pada pengeringan beku (15,64±1,19%) dan terendah pada pengeringan matahari (8,48±3,34%). Pengujian total polifenol dan flavonoid menghasilkan nilai tertinggi pada pengeringan beku, yaitu masing-masing sebesar 32,94±1,34 mg GAE/g sampel kering dan 146,80±5,29 mg QE/g sampel kering, sedangkan terendah pada pengeringan matahari. Adapun tingkat aktivitas antioksidan pada pengeringan beku dengan IC₅₀ sebesar 266,33±5,77 mg/mL dan pengeringan oven sebesar 305,67±22,85 mg/mL yang memiliki aktivitas yang lebih efektif dalam menghambat radikal bebas jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari dengan IC₅₀ sebesar 462,67±56,52 mg/mL). Pada penelitian ini disimpulkan bahwa metode pengeringan beku dan oven dapat menjadi pilihan sebagai metode pengeringan yang tepat dalam mengekstrak senyawa polifenol dan flavonoid yang digunakan sebagai bahan antioksidan.

Kata kunci: Antioksidan, apu-apu, pengeringan, *Pistia stratiotes*, polifenol

Polyphenol Compounds and Antioxidant activity of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) Leaf Extract with Different Drying Methods

Abstract

Increasing of free radicals cause damage to cells and tissues in the body. This is due to the lack of antioxidant ability in the body, therefore it requires external antioxidants. One of the plants that can be used as a source of antioxidants is water lettuce (*Pistia stratiotes*) because it contained polyphenol compounds. However, polyphenolic compounds are thermolabile, so the drying process is important in preparation and extraction. Thus, this study aimed to extract polyphenolic compounds from the leaves of the water lettuce (*Pistia stratiotes*) with different drying methods and to determine the antioxidant activity of these compounds. Drying was carried out by 3 different methods, namely sun drying, oven at 40°C, and freeze drying and with 3 times repetition. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA)

with Duncan's post-hoc test and presented in graphical form. The freeze-drying (15.64±1.19%) method showed high extraction yield when compared to oven-drying (13.54±1.83%) and sun-drying (8.48±3.34%). Total polyphenols and flavonoids were also high in the freeze-drying method (32.94±1.34 mg GAE/g dry sample and 146.80±5.29 mg QE/g dry sample, respectively). Whereas the antioxidant activity of freeze-drying (IC₅₀ 266.33±5.77 mg/mL) and oven-drying (IC₅₀ 305.67±22.85 mg/mL) had more effective in inhibiting free radicals when compared with sun-drying (IC₅₀ 462.67±56.52 mg/mL). Therefore, freeze-drying and oven-drying can be an option as an appropriate drying method to extract polyphenol and flavonoid compounds which are used as antioxidants.

Keywords: antioxidants, bioactive compounds, drying temperature, *Pistia stratiotes*

PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan senyawa yang secara alami diproduksi dalam proses biologis yang terjadi di dalam tubuh. Dalam kondisi normal, tubuh memiliki sistem pertahanan antioksidan primer yang bersifat enzimatik. Antioksidan ini dapat meredam paparan radikal bebas yang berlangsung di dalam tubuh (Phaniendra *et al.*, 2014). Radikal bebas juga dapat diakibatkan oleh adanya faktor eksternal atau dari lingkungan yang mengakibatkan tingginya akumulasi radikal bebas di dalam tubuh (Lobo *et al.*, 2010). Radikal bebas yang tinggi tersebut dapat mengakibatkan kerusakan sel dan jaringan, gangguan metabolisme, penuaan dini, kanker, dan penyakit kardiovaskular (Marseglia *et al.*, 2014; Pizzino *et al.*, 2017; Liguori *et al.*, 2018). Hal ini menyebabkan tubuh memerlukan tambahan antioksidan yang bersumber dari luar tubuh atau antioksidan eksternal untuk mencegah proses oksidasi dan menghambat paparan radikal bebas tersebut.

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah terjadinya oksidasi atau menghambat paparan radikal bebas di dalam tubuh. Senyawa antioksidan dapat menyumbangkan atom Hidrogen atau salah satu elektronnya ke senyawa radikal bebas sehingga senyawa tersebut dapat bersifat stabil dan proses oksidasi dapat terhambat (Lee *et al.*, 2015). Antioksidan sintetik secara umum digunakan untuk mencegah proses oksidasi, akan tetapi adanya indikasi yang melaporkan bahwa senyawa tersebut berkaitan dengan timbul beberapa penyakit sehingga penggunaannya telah banyak mendapat perhatian di beberapa negara maju (Botterweck *et al.*, 2000; Kornienko *et al.*, 2019). Hal ini menyebabkan antioksidan alami terutama yang bersumber dari tumbuhan

menjadi salah satu alternatif sebagai senyawa antioksidan yang potensial karena bersifat lebih aman dan mudah diperoleh. Salah satu tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*).

Tumbuhan apu-apu (*P. stratiotes*) merupakan tumbuhan yang hidup mengapung di permukaan perairan. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa ekstrak daun tumbuhan ini memiliki kandungan senyawa bioaktif, misalnya polifenol, flavonoid dan tanin dan memiliki aktivitas antioksidan (Sudirman *et al.*, 2017; Sudirman *et al.*, 2021). Proses ekstraksi senyawa bioaktif terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kualitas rendemen dan aktivitas fungsionalnya. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa perbedaan pelarut yang digunakan (akuades dan etanol 70%) untuk mengekstrak daun tumbuhan apu-apu menghasilkan perbedaan kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan (Sudirman *et al.*, 2021). Faktor lain yang perlu diperhatikan dalam proses ekstraksi, yaitu metode pengeringan sampel, rasio antara sampel dan pelarut serta suhu ekstraksi (Chirinos *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2016). Metode pengeringan merupakan hal yang penting karena dapat mempengaruhi aktivitas senyawa antioksidan pada bahan yang diekstrak. Hal ini karena senyawa antioksidan merupakan senyawa yang sensitif terhadap suhu dan bersifat termolabil (Ledesma-Escobar *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017).

Metode pengeringan dapat dilakukan secara alami dengan sinar bantuan matahari atau menggunakan alat pengering misalnya oven dan *freeze dryer* yang memiliki suhu dan mekanisme pengeringan yang berbeda (Kankara *et al.*, 2014). Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa

suhu pengeringan dapat memengaruhi kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan ekstrak daun *Curcuma aeruginosa* (Nasir *et al.*, 2021) dan *Zingiber officinale* (Gümüşay *et al.*, 2015) sehingga penulis berhipotesis bahwa perbedaan metode pengeringan juga dapat memberikan pengaruh terhadap kandungan senyawa polifenol dan antioksidan pada ekstrak daun tumbuhan apu-apu. Penelitian ini bertujuan mengekstrak senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu yang dikeringkan dengan metode pengeringan yang berbeda dan mengukur aktivitas antioksidan senyawa tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu tumbuhan apu-apu segar. Bahan yang digunakan dalam proses ekstraksi, yaitu akuades dan etanol. Bahan-bahan kimia lainnya, yaitu metanol, asam galat, aluminium klorida, sodium karbonat, pereaksi Folin-Ciocalteu's, radikal bebas 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), dan kuersetin. Adapun alat-alat yang digunakan selama proses penelitian, yaitu timbangan analitik, penangas air kocok, pipet mikro, oven, *rotary vacuum evaporator* (Biobase RE-301, Shandong, China), *freeze dryer* (Biobase BK-FD10S, Shandong, China), dan spektrofotometer UV-Vis (Genesys 150 ThermoScientific, Massachusetts, USA).

Metode Penelitian

Preparasi dan proses ekstraksi

Daun tumbuhan apu-apu diperoleh dari perairan rawa di Desa Sukaraja, Indralaya, Sumatra Selatan. Daun tersebut kemudian dibersihkan dan dicuci untuk menghilangkan bahan pengotor. Daun tersebut kemudian dikeringkan menggunakan tiga metode pengeringan yang berbeda, yaitu pengeringan dengan sinar matahari langsung, oven pada suhu 40°C, dan *freeze dryer*. Proses pengeringan dengan bantuan sinar matahari dilakukan selama 3 hari dan oven dilakukan selama 12 jam berdasarkan metode yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Kankara *et al.*, 2014). Pengeringan dengan

freeze dryer dilakukan pada suhu -56°C dengan tekanan vakum 10 kPa selama 48 jam.

Proses ekstraksi dengan metode maserasi yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Chew *et al.*, 2011; Sudirman *et al.*, 2021). Sampel kering sebanyak 20 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 200 mL etanol 70% (etanol dalam air, v/v). campuran tersebut kemudian dimaserasi selama 3 jam pada suhu ruang dan diaduk menggunakan pengaduk magnet pada kecepatan 100 rpm. Setelah 3 jam, filtrat dan residu kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Filtrat kemudian disimpan pada tabung pengoleksi, sedangkan residu diekstrak kembali dengan pelarut etanol 70% yang baru dengan kondisi sama seperti ekstraksi pertama. Total ekstrak dilakukan sebanyak 5 kali. Filtrat tersebut kemudian digabungkan dan dievaporasi menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Filtrat hasil evaporasi kemudian dikering-bekukan dengan *freeze dryer* sehingga diperoleh ekstrak kering dalam bentuk serbuk. Rendemen masing-masing ekstrak berdasarkan metode pengeringan diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat ekstrak (g)}}{\text{Berat kering (g)}} \times 100\%$$

Analisis total polifenol dan flavonoid

Analisis total polifenol dianalisis menggunakan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dan dilakukan berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Ekstrak sebanyak 100 mg dilarutkan dalam 10 mL akuades sehingga diperoleh konsentrasi ekstrak sebesar 10 mg/mL. Sebanyak 0,2 mL larutan ekstrak kemudian dicampurkan dengan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dalam tabung reaksi dan direaksikan selama 5 menit. Larutan sodium karbonat (8% dalam air, b/v) dimasukkan ke dalam tabung reaksi tersebut dan ditambahkan akuades hingga volume mencapai 3 mL. Campuran tersebut kemudian direaksikan dalam kondisi gelap pada suhu ruang selama 30 menit dan kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3.000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian diukur absorbansi pada panjang gelombang 750 nm

menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Asam galat (*gallic acid*) digunakan sebagai standar untuk menentukan kadar polifenol dalam ekstrak sehingga total polifenol dinyatakan dalam mg *gallic acid equivalent* (GAE) per g sampel kering.

Analisis kandungan flavonoid dilakukan dengan metode *aluminium chloride colorimetric* berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Secara singkat, sebanyak 0,6 mL larutan ekstrak (10 mg/mL dalam akuades, b/v) direaksikan dengan 20% *aluminium chloride* (1:1, v/v) selama 60 menit pada suhu ruang. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm. Kuersetin (*quercetin*) digunakan sebagai standar untuk menghitung kadar flavonoid yang terkandung di dalam ekstrak. Total flavonoid dinyatakan dalam mg *quercetin equivalent* (QE) per g sampel kering.

Analisis Aktivitas Antioksidan

Pengukuran aktivitas antioksidan diukur berdasarkan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) berdasarkan metode yang dipublikasikan sebelumnya (Chew *et al.*, 2008). Ekstrak dilarutkan menggunakan metanol dalam berbagai konsentrasi (0 – 1.000 µg/mL). Larutan ekstrak (1 mL) dicampurkan dengan 0,2 mM larutan DPPH (1:1, v/v). Campuran tersebut kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu

37°C selama 30 menit. Absorbansi kemudian diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Persentase (%) penghambatan radikal bebas diukur berdasarkan persamaan berikut ini:

$$\text{Persentase (\%)} \text{ inhibisi} = \frac{A_{\text{blanko}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{blanko}}} \times 100\%$$

Keterangan: A_{blanko} = Absorbansi tanpa ekstrak pada 517 nm; A_{sampel} = Absorbansi dengan penambahan ekstrak pada 517 nm.

Nilai *half-maximum inhibitory concentration* (IC_{50}) diperoleh dari persamaan garis linier $y=(a)x+b$. Dengan nilai y sebagai persentase penghambatan dan nilai x sebagai konsentrasi ekstrak.

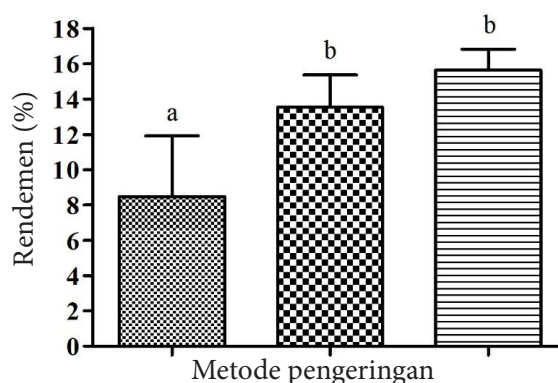
Analisis Data

Semua data dinyatakan dalam rata-rata (*mean*)±standar deviasi (SD). Data tersebut dianalisis menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan pada derajat signifikan 0,05 ($p<0,05$) yang dilakukan menggunakan SPSS 22.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, AS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstrak

Metode pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki rendemen yang tidak berbeda secara signifikan ($p>0,05$), namun nilai tersebut berbeda secara signifikan ($p<0,05$) jika dibandingkan dengan pengeringan



Gambar 1 Rendemen ekstrak daun apu-apu yang dikeringkan dengan metode berbeda; ■ matahari; ▣ oven; ≡ *freeze drying*. Data dinyatakan dalam rata-rata ±standar deviasi (n=3). Huruf yang berbeda (a-b) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p>0,05$).

matahari (Gambar 1). Nilai rendemen pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $15,64 \pm 1,19\%$; pengeringan dengan oven sebesar $13,54 \pm 1,83\%$ dan pengeringan dengan matahari sebesar $8,48 \pm 3,34\%$.

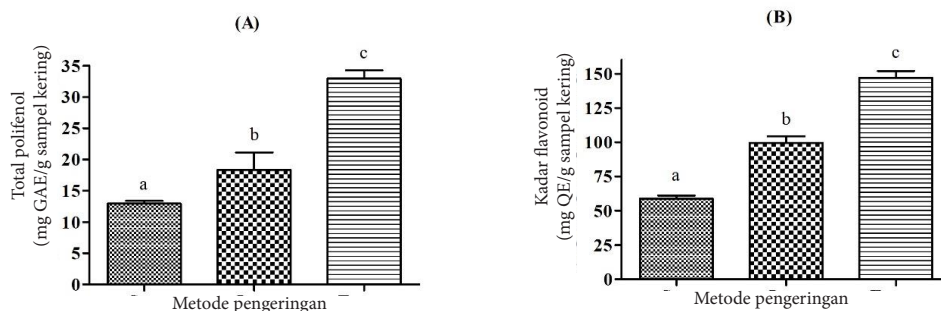
Ketiga metode pengeringan ini memiliki suhu pengeringan yang berbeda. Rata-rata suhu pengeringan matahari langsung yaitu sekitar $31,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$, suhu pengeringan oven yaitu 40°C , dan pengeringan-beku menggunakan suhu -56°C dengan tekanan rendah 10 kPa. Kadar air yang dihasilkan oleh ketiga metode pengeringan ini juga memiliki nilai yang berbeda. Kadar air pengeringan matahari memiliki nilai yang tertinggi, sedangkan pengeringan-beku (*freeze drying*) memiliki kadar air yang terendah (data tidak disajikan). Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kadar air buah stroberi dan pir hasil pengeringan-beku kurang dari 0,5%, sedangkan hidrokoloid gel yang dikering-bekukan memiliki kadar air yang berkisar antara 1,4-4,0% (Nowak and Jakubczyk, 2020). Hasil penelitian lainnya menghasilkan bahwa daun *Leptadenia hastata* yang dikeringkan dengan oven memiliki kadar air sebesar 7,33% dan pengeringan matahari sebesar 10,16% (Hassan *et al.*, 2007). Kadar air yang berbeda menyebabkan jumlah fase padat (padatan) pada masing-masing simplisia setelah proses pengeringan memiliki nilai yang berbeda. Hal ini juga mengakibatkan jumlah padatan yang diekstrak mengalami perbedaan sehingga menghasilkan rendemen ekstrak kasar yang juga berbeda. Hasil penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa tanaman *Sauropus androgynus* pengeringan oven memiliki

rendemen yang besar jika dibandingkan dengan pengeringan matahari (Wongklom & Moonsin, 2018).

Kadar Total Polifenol dan Flavonoid

Kadar total polifenol tertinggi terdapat pada metode pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $32,94 \pm 1,34$ mg GAE/g sampel kering (Gambar 2a). Hasil ini berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) dengan pengeringan oven dan pengeringan matahari yang masing-masing memiliki nilai sebesar $18,33 \pm 2,80$ mg GAE/g sampel kering dan $12,95 \pm 0,47$ mg GAE/g sampel kering. Adapun kadar flavonoid tertinggi juga pada ekstrak daun tumbuhan apu-apu terdapat pada pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $146,80 \pm 5,29$ mg QE/g sampel kering (Gambar 2b). Nilai tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari yang masing-masing memiliki kadar flavonoid sebesar $99,57 \pm 4,77$ mg QE/g sampel kering dan $58,80 \pm 2,40$ mg QE/g sampel kering.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pengeringan beku daun temu hitam (*Curcuma aeruginosa*) menghasilkan kadar polifenol yang lebih tinggi ($33,06$ mg GAE/g sampel kering) jika dibandingkan dengan pengeringan dengan oven pada suhu 40°C yaitu $26,70$ mg GAE/g sampel kering (Nasir *et al.*, 2021). Hasil penelitian lainnya juga melaporkan bahwa daun *S. androgynus* yang dikeringkan dengan metode pengeringan matahari memiliki kandungan senyawa polifenol yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan



Gambar 2 Total polifenol (a) dan kadar flavonoid (b) ekstrak daun apu-apu yang dikeringkan dengan metode yang berbeda; ■ matahari; ▣ oven; ▨ *freeze drying*. Data dinyatakan dalam rata-rata ± standar deviasi (n=3). Huruf yang berbeda (a-c) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$).

oven, yaitu masing-masing sebesar 19,40 mg GAE/g sampel kering dan 23,37 mg GAE/g sampel kering (Wongklom & Moonsin, 2018). Penelitian tersebut juga melaporkan bahwa pengeringan matahari (9,52 mg QE/g sampel kering) memiliki kandungan flavonoid yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan oven (12,54 mg QE/g sampel kering).

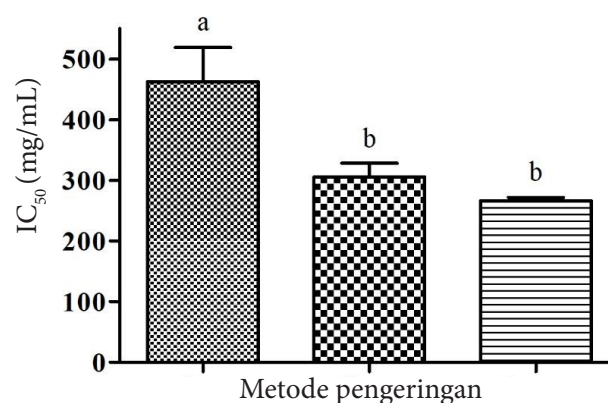
Kadar polifenol dan flavonoid yang tinggi pada metode pengeringan beku dan oven dapat disebabkan oleh kestabilan suhu dalam proses pengeringan. Akan tetapi, suhu rendah digunakan selama proses pengeringan beku dapat menjaga kestabilan komponen bioaktif terutama yang sensitif terhadap suhu tinggi, misalnya polifenol dan flavonoid (Silva-Espinoza *et al.*, 2019). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa senyawa golongan polifenol merupakan senyawa yang bersifat termolabil atau mudah rusak akibat suhu (Li *et al.*, 2017). Hal ini menyebabkan kandungan kedua senyawa tersebut lebih tinggi pada pengeringan beku jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari. Pengeringan dengan matahari berlangsung secara tidak konstan dan bergantung terhadap cuaca yang dapat menyebabkan rusaknya komponen polifenol. Hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa penurunan kadar polifenol pada pengeringan matahari dan oven dapat disebabkan oleh enzim polifenol oksidase (Gümüşay *et al.*, 2015). Enzim ini dapat

menyebabkan hilangnya kompleks fenolik dalam sampel (Bennett *et al.*, 2011). Hal ini juga terjadi pada senyawa flavonoid yang merupakan salah satu kelompok senyawa polifenol (Mutha *et al.*, 2021). Peneliti sebelumnya juga menyatakan bahwa flavonoid merupakan senyawa yang memiliki struktur dasar fenol yang sensitif terhadap panas dan mudah teroksidasi (Ledema-Escobar *et al.*, 2016).

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan ekstrak dengan pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki nilai yang tidak berbeda signifikan yaitu masing-masing dengan *half-maximum inhibitory concentration* (IC_{50}) sebesar $266,33 \pm 5,77$ mg/mL dan $305,67 \pm 22,85$ mg/mL (Figure 3). Nilai kedua metode pengeringan tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari yaitu dengan IC_{50} sebesar $462,67 \pm 56,52$ mg/mL. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa pengeringan matahari memiliki aktivitas antioksidan lebih rendah jika dibandingkan pengeringan oven dan pengeringan beku (Gümüşay *et al.*, 2015).

Nilai aktivitas antioksidan yang tinggi pada pengeringan beku dan oven jika dibandingkan dengan pengeringan matahari disebabkan oleh kandungan senyawa polifenol dan flavonoid yang juga tinggi. Hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan



Gambar 3 Aktivitas antioksidan ekstrak daun apu-apu yang dikeringkan dengan metode yang berbeda: matahari; oven; *freeze drying*. Data dinyatakan dalam rata-rata \pm standar deviasi ($n=3$). Huruf yang berbeda (a-c) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$).

bahwa kandungan total polifenol yang tinggi pada ekstrak menghasilkan aktivitas antioksidan yang juga tinggi pada ekstrak tersebut (Yi & Wetzstein, 2011). Golongan polifenol dapat mendonorkan atom Hidrogen ke senyawa radikal bebas sehingga dapat berfungsi sebagai antioksidan (Matyas *et al.*, 2019). Selain itu juga, golongan senyawa ini juga dapat meredam reaksi oksidasi melalui mekanisme transfer elektron (Lee *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Metode pengeringan matahari, oven, dan pengeringan beku menghasilkan nilai rendemen, total polifenol, flavonoid dan antioksidan yang berbeda. Pengeringan dengan metode pengeringan beku menghasilkan kadar total polifenol dan flavonoid yang tinggi dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya. Pengeringan oven dan pengeringan beku memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengeringan matahari. Metode pengeringan oven dan pengeringan beku dapat dijadikan pilihan yang tepat untuk mengekstrak senyawa golongan polifenol yang berperan sebagai antioksidan dari daun tumbuhan apu-apu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, L. E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeffer, P. R. (2011). Total polyphenolics and antioxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods*, 3, 115-124.
- Botterweck, A. A. M., Verhagen, H., Goldbohm, R. A., Kleinjans, J., van den Brandt, P. A., (2000). Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands Cohort Study. *Food and Chemical Toxicology*, 38, 599-605.
- Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M. H., Elsohly, M. A., Khan, I. A. (2014). Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014, 253875.
- Chew, K. K., Ng, S. Y., Thoo, Y. Y., Khoo, M. Z., Wan Aida, W. M., Ho, C. W. (2011). Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Centella asiatica* extracts. *International Food Research Journal*, 18, 571-578.
- Chew, Y. L., Lim, Y. Y., Omar, M., Khoo, K. S. (2008). Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1067-1072.
- Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology*, 55, 217-225.
- Gümüşay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N., Demirkol, O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chem*, 173, 156-162.
- Hassan, S. W., Umar, R. A., Matazu, I. K., Maishanu, H. M., Abbas, A. Y., Sani, A. A. (2007). The Effect of Drying Method on the Nutrients and Non-Nutrients Composition of Leaves of *Leptadenia hastata* (Asclipiadaceae). *Asian Journal of Biochemistry*, 2, 188-192.
- Kankara, S., Mustafa, M., Ibrahim, M. H., Nulit, R., Go, R. (2014). Effect of Drying Methods, Solid-Solvent Ratio, Extraction Time and Extraction Temperature on Phenolic Antioxidants and Antioxidant Activity of *Guiera senegalensis* J.F. Gmel (Combretaceae) Leaves Water Extract. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 2, 1378-1392.
- Kornienko, J. S., Smirnova, I. S., Pugovkina, N. A., Ivanova, J. S., Shilina, M. A., Grinchuk, T. M., Shatrova, A. N., Aksenov, N. D., Zenin, V. V., Nikolsky, N. N., Lyublinskaya, O. G. (2019). High doses of synthetic antioxidants induce premature senescence in cultivated mesenchymal stem cells. *Scientific Reports*, 9, 1296.
- Ledesma-Escobar, C. A., Priego-Capote,

- F., Luque de Castro, M. D. (2016). Comparative Study of the Effect of Sample Pretreatment and Extraction on the Determination of Flavonoids from Lemon (*Citrus limon*). *Plos One*, 11, e0148056.
- Lee, C. Y., Nanah, C. N., Held, R. A., Clark, A. R., Huynh, U. G. T., Maraskine, M. C., Uzarski, R. L., McCracken, J., Sharma, A. (2015). Effect of electron donating groups on polyphenol-based antioxidant dendrimers. *Biochimie*, 111, 125-134.
- Lee, N. Y., Yunus, M. A. C., Idham, Z., Ruslan, M. S. H., Aziz, A. H. A., Irwansyah, N. (2016). Extraction and identification of bioactive compounds from agarwood leaves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 162, 012028.
- Li, Y., Li, S., Lin, S. J., Zhang, J. J., Zhao, C. N., Li, H. B. (2017). Microwave-Assisted Extraction of Natural Antioxidants from the Exotic *Gordonia axillaris* Fruit: Optimization and Identification of Phenolic Compounds. *Molecules*, 22, 1481.
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., Abete, P. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 757-772.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4, 118-126.
- Marseglia, L., Manti, S., D'Angelo, G., Nicotera, A., Parisi, E., Di Rosa, G., Gitto, E., Arrigo, T. (2014). Oxidative Stress in Obesity: A Critical Component in Human Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 378-400.
- Matyas, M., Hasmasanu, M. G., Zaharie, G. (2019). Antioxidant Capacity of Preterm Neonates Assessed by Hydrogen Donor Value. *Medicina*, 55, 720.
- Mutha, R. E., Tatiya, A. U., Surana, S. J. (2021). Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7, 25.
- Nasir, W. N. H. W., Ibrahim, N. N. A., Woon, K. H., Abu Bakar Sajak, A., Sofian-Seng, N. S., Wan Mustapha, W. A., Abdul Rahman, H. (2021). Effects of Different Drying Methods and Solvents on Biological Activities of *Curcuma aeruginosa* Leaves Extract. *Sains Malaysiana*, 50, 2207-2218.
- Nowak, D., Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*, 9, 1488.
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., Periyasamy, L. (2014). Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30, 11-26.
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., Bitto, A. (2017). Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1-13.
- Silva-Espinoza, M. A., Ayed, C., Foster, T., Camacho, M. d. M., Martínez-Navarrete, N. (2019). The Impact of Freeze-Drying Conditions on the Physico-Chemical Properties and Bioactive Compounds of a Freeze-Dried Orange Puree. *Foods*, 9, 32.
- Sudirman, S., Herpandi, Safitri, E., Apriani, E. F., Taqwa, F. H. (2022). Total polyphenol and flavonoid contents and antioxidant activities of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leave extracts. *Food Research*, 6(4), 205-210.
- Sudirman, S., Herpandi, H., Nopianti, R., Dwita L. S., Wasahla, W., Mareta, H., (2017). Phenolic Contents, Tannin, Vitamin C, and Vitamin E of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*). *Oriental Journal of Chemistry*, 33, 3173-3176.
- Wongklom, A., Moonsin, P. (2018). Effect of drying methods on antioxidant capacity, total phenolic and flavonoid contents of Phakwan (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) powder. *SNRU Journal of Science and Technology*, 10, 96-103.
- Yi, W., Wetzstein, H. Y. (2011). Effects of Drying and Extraction Conditions on the Biochemical Activity of Selected Herbs. *HortScience*, 46, 70-73.

FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1* Yield of water lettuce leaf extract with different drying methods; ☒ sun; ☒ oven; ☒ freeze drying; Data was shown as mean±SD (n=3). Different letter (a-b) indicated significant difference at $p<0.05$.
- Figure 2* Total polyphenol (a) and flavonoid content (b) of water lettuce leaf extract with different drying methods; ☒ sun; ☒ oven; ☒ freeze drying; Data was shown as mean±SD (n=3). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p<0.05$.
- Figure 3* Antioxidant activity of water lettuce leaf extract with different drying methods; ☒ sun; ☒ oven; ☒ freeze drying; Data was shown as mean ± SD (n=3). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p<0.05$.

Article published

The image shows a screenshot of a journal article page. At the top, there is a dark blue header with the journal logo 'JPHPI' and 'JURNAL PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN INDONESIA Indonesian Fisheries Processing Journal'. It also includes the accreditation number 'Accredited Decree Number 85/M/KPT/2020', the IPB University logo, and the user name 'sabisudirman22'. The header also displays the Online ISSN (2354-886X) and Print ISSN (2303-2111). Below the header is a navigation menu with 'Home', 'Current Issue', 'Archives', 'Announcements', and 'About'. A search bar is located on the right side of the header.

The main content area features a breadcrumb trail: 'Home / Archives / Vol. 25 No. 2 (2022): Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 25(2) /'. The article title is 'Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (Pistia stratiotes) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda'. Below the title is the English translation: 'Polyphenol Compounds and Antioxidant activity of Water Lettuce (Pistia stratiotes) Leaf Extract with Different Drying Methods'. The authors are listed as Sabri Sudirman, Erina Aprilia, and Miftahul Janna. A DOI link is provided: <https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.41523>.

On the right side of the article, there are statistics: 'Read Counter : 279' and 'Download : 429'. There is also a 'Share now' button and a 'Citations' counter showing '0'. A 'Check for updates' button is located near the title.

At the bottom left, there is accreditation information: 'Terakreditasi DIKTI nomor 85/M/KPT/2020 Volume 22 Nomor 3 Tahun 2019-Volume 27 Nomor 1 Tahun 2024'. The ISSN and E-ISSN numbers are also listed: 'ISSN 2303-2111 E-ISSN 2354-886x Volume 25 Nomor 2, Agustus 2022'. The journal title 'JURNAL PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN INDONESIA' is repeated at the bottom.

KANDUNGAN SENYAWA POLIFENOL DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAUN TUMBUHAN APU-APU (*Pistia stratiotes*) DENGAN METODE PENGERINGAN YANG BERBEDA

Sabri Sudirman*, Erina Aprilia, Miftahul Janna

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya
Jalan Palembang-Prabumulih KM.32, Indralaya 30662, Sumatra Selatan, Indonesia

Diterima: 16 Juni 2022/Disetujui: 11 Juli 2022

*Korespondensi: sabrisudirman@unsri.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Sudirman, S., Aprilia, E., & Janna, M. (2022). Kandungan Senyawa Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Daun Tumbuhan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) dengan Metode Pengeringan yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), 235-243. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.41523>

Abstrak

Radikal bebas yang meningkat dapat menyebabkan kerusakan pada sel dan jaringan di dalam tubuh. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kemampuan antioksidan dalam meredam paparan radikal bebas sehingga membutuhkan antioksidan di luar tubuh. Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai sumber antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*) karena memiliki golongan senyawa polifenol, namun senyawa polifenol bersifat termolabil sehingga proses pengeringan merupakan hal penting dalam proses preparasi dan ekstraksi. Penelitian ini bertujuan mengekstraksi senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu dengan metode pengeringan yang berbeda dan menguji aktivitas antioksidan senyawa tersebut. Pengeringan dilakukan dengan 3 metode yang berbeda, yaitu pengeringan matahari, oven pada suhu 40°C, dan pengeringan beku (*freeze drying*) dengan 3 pengulangan. Data dianalisis menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan dan disajikan dalam bentuk grafik. Ekstraksi menghasilkan nilai rendemen tertinggi pada pengeringan beku (15,64±1,19%) dan terendah pada pengeringan matahari (8,48±3,34%). Pengujian total polifenol dan flavonoid menghasilkan nilai tertinggi pada pengeringan beku, yaitu masing-masing sebesar 32,94±1,34 mg GAE/g sampel kering dan 146,80±5,29 mg QE/g sampel kering, sedangkan terendah pada pengeringan matahari. Adapun tingkat aktivitas antioksidan pada pengeringan beku dengan IC₅₀ sebesar 266,33±5,77 mg/mL dan pengeringan oven sebesar 305,67±22,85 mg/mL yang memiliki aktivitas yang lebih efektif dalam menghambat radikal bebas jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari dengan IC₅₀ sebesar 462,67±56,52 mg/mL). Pada penelitian ini disimpulkan bahwa metode pengeringan beku dan oven dapat menjadi pilihan sebagai metode pengeringan yang tepat dalam mengekstrak senyawa polifenol dan flavonoid yang digunakan sebagai bahan antioksidan.

Kata kunci: antioksidan, apu-apu, pengeringan, *Pistia stratiotes*, polifenol

Polyphenol Compounds and Antioxidant activity of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) Leaf Extract with Different Drying Methods

Abstract

Increasing of free radicals cause damage to cells and tissues in the body. This is due to the lack of antioxidant ability in the body, therefore it requires external antioxidants. One of the plants that can be used as a source of antioxidants is water lettuce (*Pistia stratiotes*) because it contained polyphenol compounds. However, polyphenolic compounds are thermolabile, so the drying process is important in preparation and extraction. Thus, this study aimed to extract polyphenolic compounds from the leaves of the water lettuce (*Pistia stratiotes*) with different drying methods and to determine the antioxidant activity of these compounds. Drying was carried out by 3 different methods, namely sun drying, oven at 40°C, and freeze drying and with 3 times repetition. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA)

with Duncan's post-hoc test and presented in graphical form. The freeze-drying (15.64±1.19%) method showed high extraction yield when compared to oven-drying (13.54±1.83%) and sun-drying (8.48±3.34%). Total polyphenols and flavonoids were also high in the freeze-drying method (32.94±1.34 mg GAE/g dry sample and 146.80±5.29 mg QE/g dry sample, respectively). Whereas the antioxidant activity of freeze-drying (IC₅₀ 266.33±5.77 mg/mL) and oven-drying (IC₅₀ 305.67±22.85 mg/mL) had more effective in inhibiting free radicals when compared with sun-drying (IC₅₀ 462.67±56.52 mg/mL). Therefore, freeze-drying and oven-drying can be an option as an appropriate drying method to extract polyphenol and flavonoid compounds which are used as antioxidants.

Keywords: antioxidants, bioactive compounds, drying temperature, *Pistia stratiotes*

PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan senyawa yang secara alami diproduksi dalam proses biologis yang terjadi di dalam tubuh. Dalam kondisi normal, tubuh memiliki sistem pertahanan antioksidan primer yang bersifat enzimatik. Antioksidan ini dapat meredam paparan radikal bebas yang berlangsung di dalam tubuh (Phaniendra *et al.*, 2014). Radikal bebas juga dapat diakibatkan oleh adanya faktor eksternal atau dari lingkungan yang mengakibatkan tingginya akumulasi radikal bebas di dalam tubuh (Lobo *et al.*, 2010). Radikal bebas yang tinggi tersebut dapat mengakibatkan kerusakan sel dan jaringan, gangguan metabolisme, penuaan dini, kanker, dan penyakit kardiovaskular (Marseglia *et al.*, 2014; Pizzino *et al.*, 2017; Liguori *et al.*, 2018). Hal ini menyebabkan tubuh memerlukan tambahan antioksidan yang bersumber dari luar tubuh atau antioksidan eksternal untuk mencegah proses oksidasi dan menghambat paparan radikal bebas tersebut.

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah terjadinya oksidasi atau menghambat paparan radikal bebas di dalam tubuh. Senyawa antioksidan dapat menyumbangkan atom Hidrogen atau salah satu elektronnya ke senyawa radikal bebas sehingga senyawa tersebut dapat bersifat stabil dan proses oksidasi dapat terhambat (Lee *et al.*, 2015). Antioksidan sintetik secara umum digunakan untuk mencegah proses oksidasi, akan tetapi adanya indikasi yang melaporkan bahwa senyawa tersebut berkaitan dengan timbul beberapa penyakit sehingga penggunaannya telah banyak mendapat perhatian di beberapa negara maju (Botterweck *et al.*, 2000; Kornienko *et al.*, 2019). Hal ini menyebabkan antioksidan alami terutama yang bersumber dari tumbuhan

menjadi salah satu alternatif sebagai senyawa antioksidan yang potensial karena bersifat lebih aman dan mudah diperoleh. Salah satu tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan yaitu tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes*).

Tumbuhan apu-apu (*P. stratiotes*) merupakan tumbuhan yang hidup mengapung di permukaan perairan. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa ekstrak daun tumbuhan ini memiliki kandungan senyawa bioaktif, misalnya polifenol, flavonoid dan tanin dan memiliki aktivitas antioksidan (Sudirman *et al.*, 2017; Sudirman *et al.*, 2021). Proses ekstraksi senyawa bioaktif terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kualitas rendemen dan aktivitas fungsionalnya. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa perbedaan pelarut yang digunakan (akuades dan etanol 70%) untuk mengekstrak daun tumbuhan apu-apu menghasilkan perbedaan kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan (Sudirman *et al.*, 2021). Faktor lain yang perlu diperhatikan dalam proses ekstraksi, yaitu metode pengeringan sampel, rasio antara sampel dan pelarut serta suhu ekstraksi (Chirinos *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2016). Metode pengeringan merupakan hal yang penting karena dapat mempengaruhi aktivitas senyawa antioksidan pada bahan yang diekstrak. Hal ini karena senyawa antioksidan merupakan senyawa yang sensitif terhadap suhu dan bersifat termolabil (Ledesma-Escobar *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017).

Metode pengeringan dapat dilakukan secara alami dengan sinar bantuan matahari atau menggunakan alat pengering misalnya oven dan *freeze dryer* yang memiliki suhu dan mekanisme pengeringan yang berbeda (Kankara *et al.*, 2014). Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa

suhu pengeringan dapat memengaruhi kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan ekstrak daun *Curcuma aeruginosa* (Nasir *et al.*, 2021) dan *Zingiber officinale* (Gümüşay *et al.*, 2015) sehingga penulis berhipotesis bahwa perbedaan metode pengeringan juga dapat memberikan pengaruh terhadap kandungan senyawa polifenol dan antioksidan pada ekstrak daun tumbuhan apu-apu. Penelitian ini bertujuan mengekstrak senyawa polifenol dari daun tumbuhan apu-apu yang dikeringkan dengan metode pengeringan yang berbeda dan mengukur aktivitas antioksidan senyawa tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu tumbuhan apu-apu segar. Bahan yang digunakan dalam proses ekstraksi, yaitu akuades dan etanol. Bahan-bahan kimia lainnya, yaitu metanol, asam galat, aluminium klorida, sodium karbonat, pereaksi Folin-Ciocalteu's, radikal bebas 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), dan kuersetin. Adapun alat-alat yang digunakan selama proses penelitian, yaitu timbangan analitik, penangas air kocok, pipet mikro, oven, *rotary vacuum evaporator* (Biobase RE-301, Shandong, China), *freeze dryer* (Biobase BK-FD10S, Shandong, China), dan spektrofotometer UV-Vis (Genesys 150 ThermoScientific, Massachusetts, USA).

Metode Penelitian

Preparasi dan proses ekstraksi

Daun tumbuhan apu-apu diperoleh dari perairan rawa di Desa Sukaraja, Indralaya, Sumatra Selatan. Daun tersebut kemudian dibersihkan dan dicuci untuk menghilangkan bahan pengotor. Daun tersebut kemudian dikeringkan menggunakan tiga metode pengeringan yang berbeda, yaitu pengeringan dengan sinar matahari langsung, oven pada suhu 40°C, dan *freeze dryer*. Proses pengeringan dengan bantuan sinar matahari dilakukan selama 3 hari dan oven dilakukan selama 12 jam berdasarkan metode yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Kankara *et al.*, 2014). Pengeringan dengan

freeze dryer dilakukan pada suhu -56°C dengan tekanan vakum 10 kPa selama 48 jam.

Proses ekstraksi dengan metode maserasi yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Chew *et al.*, 2011; Sudirman *et al.*, 2021). Sampel kering sebanyak 20 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 200 mL etanol 70% (etanol dalam air, v/v). campuran tersebut kemudian dimaserasi selama 3 jam pada suhu ruang dan diaduk menggunakan pengaduk magnet pada kecepatan 100 rpm. Setelah 3 jam, filtrat dan residu kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Filtrat kemudian disimpan pada tabung pengoleksi, sedangkan residu diekstrak kembali dengan pelarut etanol 70% yang baru dengan kondisi sama seperti ekstraksi pertama. Total ekstrak dilakukan sebanyak 5 kali. Filtrat tersebut kemudian digabungkan dan dievaporasi menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Filtrat hasil evaporasi kemudian dikering-bekukan dengan *freeze dryer* sehingga diperoleh ekstrak kering dalam bentuk serbuk. Rendemen masing-masing ekstrak berdasarkan metode pengeringan diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat ekstrak (g)}}{\text{Berat kering (g)}} \times 100\%$$

Analisis total polifenol dan flavonoid

Analisis total polifenol dianalisis menggunakan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dan dilakukan berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Ekstrak sebanyak 100 mg dilarutkan dalam 10 mL akuades sehingga diperoleh konsentrasi ekstrak sebesar 10 mg/mL. Sebanyak 0,2 mL larutan ekstrak kemudian dicampurkan dengan pereaksi fenol *Folin-Ciocalteu's* dalam tabung reaksi dan direaksikan selama 5 menit. Larutan sodium karbonat (8% dalam air, b/v) dimasukkan ke dalam tabung reaksi tersebut dan ditambahkan akuades hingga volume mencapai 3 mL. Campuran tersebut kemudian direaksikan dalam kondisi gelap pada suhu ruang selama 30 menit dan kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3.000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian diukur absorbansi pada panjang gelombang 750 nm

menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Asam galat (*gallic acid*) digunakan sebagai standar untuk menentukan kadar polifenol dalam ekstrak sehingga total polifenol dinyatakan dalam mg *gallic acid equivalent* (GAE) per g sampel kering.

Analisis kandungan flavonoid dilakukan dengan metode *aluminium chloride colorimetric* berdasarkan metode yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya (Chandra *et al.*, 2014). Secara singkat, sebanyak 0,6 mL larutan ekstrak (10 mg/mL dalam akuades, b/v) direaksikan dengan 20% *aluminium chloride* (1:1, v/v) selama 60 menit pada suhu ruang. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm. Kuersetin (*quercetin*) digunakan sebagai standar untuk menghitung kadar flavonoid yang terkandung di dalam ekstrak. Total flavonoid dinyatakan dalam mg *quercetin equivalent* (QE) per g sampel kering.

Analisis Aktivitas Antioksidan

Pengukuran aktivitas antioksidan diukur berdasarkan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) berdasarkan metode yang dipublikasikan sebelumnya (Chew *et al.*, 2008). Ekstrak dilarutkan menggunakan metanol dalam berbagai konsentrasi (0 – 1.000 µg/mL). Larutan ekstrak (1 mL) dicampurkan dengan 0,2 mM larutan DPPH (1:1, v/v). Campuran tersebut kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu

37°C selama 30 menit. Absorbansi kemudian diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Persentase (%) penghambatan radikal bebas diukur berdasarkan persamaan berikut ini:

$$\text{Persentase (\%)} \text{ inhibisi} = \frac{A_{\text{blanko}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{blanko}}} \times 100\%$$

Keterangan: A_{blanko} = Absorbansi tanpa ekstrak pada 517 nm; A_{sampel} = Absorbansi dengan penambahan ekstrak pada 517 nm.

Nilai *half-maximum inhibitory concentration* (IC_{50}) diperoleh dari persamaan garis linier $y=(a)x+b$. Dengan nilai y sebagai persentase penghambatan dan nilai x sebagai konsentrasi ekstrak.

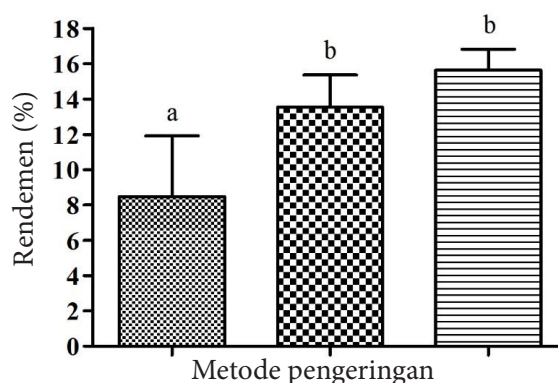
Analisis Data

Semua data dinyatakan dalam rata-rata (*mean*)±standar deviasi (SD). Data tersebut dianalisis menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan pada derajat signifikan 0,05 ($p<0,05$) yang dilakukan menggunakan SPSS 22.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, AS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstrak

Metode pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki rendemen yang tidak berbeda secara signifikan ($p>0,05$), namun nilai tersebut berbeda secara signifikan ($p<0,05$) jika dibandingkan dengan pengeringan



Gambar 1 Rendemen ekstrak daun apu-apu yang dikeringkan dengan metode berbeda; ■ matahari; ▣ oven; ≡ *freeze drying*. Data dinyatakan dalam rata-rata ±standar deviasi (n=3). Huruf yang berbeda (a-b) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p>0,05$).

matahari (Gambar 1). Nilai rendemen pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $15,64 \pm 1,19\%$; pengeringan dengan oven sebesar $13,54 \pm 1,83\%$ dan pengeringan dengan matahari sebesar $8,48 \pm 3,34\%$.

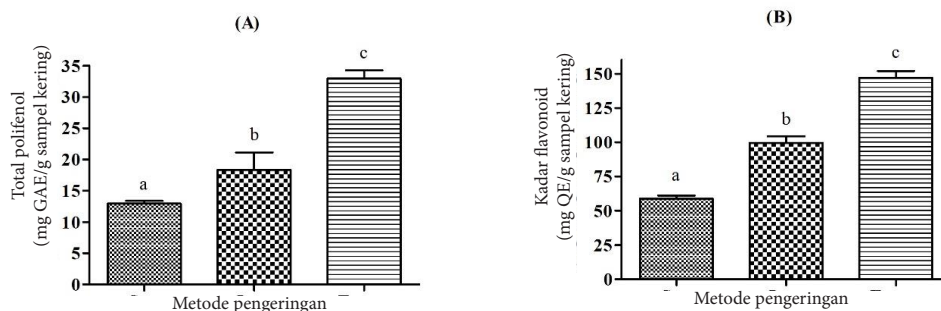
Ketiga metode pengeringan ini memiliki suhu pengeringan yang berbeda. Rata-rata suhu pengeringan matahari langsung yaitu sekitar $31,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$, suhu pengeringan oven yaitu 40°C , dan pengeringan-beku menggunakan suhu -56°C dengan tekanan rendah 10 kPa. Kadar air yang dihasilkan oleh ketiga metode pengeringan ini juga memiliki nilai yang berbeda. Kadar air pengeringan matahari memiliki nilai yang tertinggi, sedangkan pengeringan-beku (*freeze drying*) memiliki kadar air yang terendah (data tidak disajikan). Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kadar air buah stroberi dan pir hasil pengeringan-beku kurang dari 0,5%, sedangkan hidrokoloid gel yang dikering-bekukan memiliki kadar air yang berkisar antara 1,4-4,0% (Nowak and Jakubczyk, 2020). Hasil penelitian lainnya menghasilkan bahwa daun *Leptadenia hastata* yang dikeringkan dengan oven memiliki kadar air sebesar 7,33% dan pengeringan matahari sebesar 10,16% (Hassan *et al.*, 2007). Kadar air yang berbeda menyebabkan jumlah fase padat (padatan) pada masing-masing simplisia setelah proses pengeringan memiliki nilai yang berbeda. Hal ini juga mengakibatkan jumlah padatan yang diekstrak mengalami perbedaan sehingga menghasilkan rendemen ekstrak kasar yang juga berbeda. Hasil penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa tanaman *Sauropus androgynus* pengeringan oven memiliki

rendemen yang besar jika dibandingkan dengan pengeringan matahari (Wongklom & Moonsin, 2018).

Kadar Total Polifenol dan Flavonoid

Kadar total polifenol tertinggi terdapat pada metode pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $32,94 \pm 1,34$ mg GAE/g sampel kering (Gambar 2a). Hasil ini berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) dengan pengeringan oven dan pengeringan matahari yang masing-masing memiliki nilai sebesar $18,33 \pm 2,80$ mg GAE/g sampel kering dan $12,95 \pm 0,47$ mg GAE/g sampel kering. Adapun kadar flavonoid tertinggi juga pada ekstrak daun tumbuhan apu-apu terdapat pada pengeringan dengan *freeze dryer* yaitu $146,80 \pm 5,29$ mg QE/g sampel kering (Gambar 2b). Nilai tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari yang masing-masing memiliki kadar flavonoid sebesar $99,57 \pm 4,77$ mg QE/g sampel kering dan $58,80 \pm 2,40$ mg QE/g sampel kering.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pengeringan beku daun temu hitam (*Curcuma aeruginosa*) menghasilkan kadar polifenol yang lebih tinggi ($33,06$ mg GAE/g sampel kering) jika dibandingkan dengan pengeringan dengan oven pada suhu 40°C yaitu $26,70$ mg GAE/g sampel kering (Nasir *et al.*, 2021). Hasil penelitian lainnya juga melaporkan bahwa daun *S. androgynus* yang dikeringkan dengan metode pengeringan matahari memiliki kandungan senyawa polifenol yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan



Gambar 2 Total polifenol (a) dan kadar flavonoid (b) ekstrak daun apu-apu yang dikeringkan dengan metode yang berbeda; ■ matahari; ▣ oven; ▨ *freeze drying*. Data dinyatakan dalam rata-rata \pm standar deviasi ($n=3$). Huruf yang berbeda (a-c) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$).

oven, yaitu masing-masing sebesar 19,40 mg GAE/g sampel kering dan 23,37 mg GAE/g sampel kering (Wongklom & Moonsin, 2018). Penelitian tersebut juga melaporkan bahwa pengeringan matahari (9,52 mg QE/g sampel kering) memiliki kandungan flavonoid yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan oven (12,54 mg QE/g sampel kering).

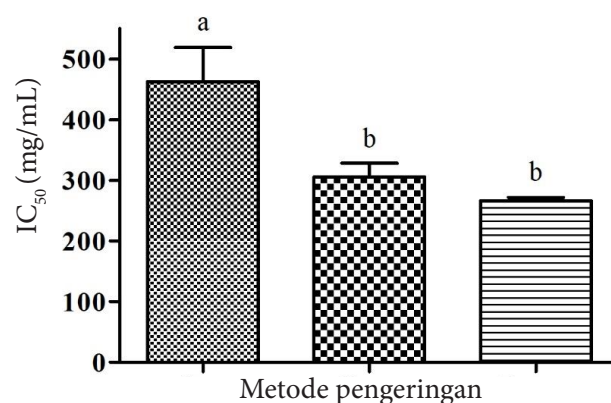
Kadar polifenol dan flavonoid yang tinggi pada metode pengeringan beku dan oven dapat disebabkan oleh kestabilan suhu dalam proses pengeringan. Akan tetapi, suhu rendah digunakan selama proses pengeringan beku dapat menjaga kestabilan komponen bioaktif terutama yang sensitif terhadap suhu tinggi, misalnya polifenol dan flavonoid (Silva-Espinoza *et al.*, 2019). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa senyawa golongan polifenol merupakan senyawa yang bersifat termolabil atau mudah rusak akibat suhu (Li *et al.*, 2017). Hal ini menyebabkan kandungan kedua senyawa tersebut lebih tinggi pada pengeringan beku jika dibandingkan dengan metode pengeringan oven dan matahari. Pengeringan dengan matahari berlangsung secara tidak konstan dan bergantung terhadap cuaca yang dapat menyebabkan rusaknya komponen polifenol. Hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa penurunan kadar polifenol pada pengeringan matahari dan oven dapat disebabkan oleh enzim polifenol oksidase (Gümüşay *et al.*, 2015). Enzim ini dapat

menyebabkan hilangnya kompleks fenolik dalam sampel (Bennett *et al.*, 2011). Hal ini juga terjadi pada senyawa flavonoid yang merupakan salah satu kelompok senyawa polifenol (Mutha *et al.*, 2021). Peneliti sebelumnya juga menyatakan bahwa flavonoid merupakan senyawa yang memiliki struktur dasar fenol yang sensitif terhadap panas dan mudah teroksidasi (Ledema-Escobar *et al.*, 2016).

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan ekstrak dengan pengeringan oven dan *freeze dryer* memiliki nilai yang tidak berbeda signifikan yaitu masing-masing dengan *half-maximum inhibitory concentration* (IC_{50}) sebesar $266,33 \pm 5,77$ mg/mL dan $305,67 \pm 22,85$ mg/mL (Figure 3). Nilai kedua metode pengeringan tersebut berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan metode pengeringan matahari yaitu dengan IC_{50} sebesar $462,67 \pm 56,52$ mg/mL. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa pengeringan matahari memiliki aktivitas antioksidan lebih rendah jika dibandingkan pengeringan oven dan pengeringan beku (Gümüşay *et al.*, 2015).

Nilai aktivitas antioksidan yang tinggi pada pengeringan beku dan oven jika dibandingkan dengan pengeringan matahari disebabkan oleh kandungan senyawa polifenol dan flavonoid yang juga tinggi. Hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan



Gambar 3 Aktivitas antioksidan ekstrak daun apu-apu yang dikeringkan dengan metode yang berbeda: matahari; oven; *freeze drying*. Data dinyatakan dalam rata-rata \pm standar deviasi ($n=3$). Huruf yang berbeda (a-c) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$).

bahwa kandungan total polifenol yang tinggi pada ekstrak menghasilkan aktivitas antioksidan yang juga tinggi pada ekstrak tersebut (Yi & Wetzstein, 2011). Golongan polifenol dapat mendonorkan atom Hidrogen ke senyawa radikal bebas sehingga dapat berfungsi sebagai antioksidan (Matyas *et al.*, 2019). Selain itu juga, golongan senyawa ini juga dapat meredam reaksi oksidasi melalui mekanisme transfer elektron (Lee *et al.*, 2015).

KESIMPULAN










Metode pengeringan matahari, oven, dan pengeringan beku menghasilkan nilai rendemen, total polifenol, flavonoid dan antioksidan yang berbeda. Pengeringan dengan metode pengeringan beku menghasilkan kadar total polifenol dan flavonoid yang tinggi dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya. Pengeringan oven dan pengeringan beku memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengeringan matahari. Metode pengeringan oven dan pengeringan beku dapat dijadikan pilihan yang tepat untuk mengekstrak senyawa golongan polifenol yang berperan sebagai antioksidan dari daun tumbuhan apu-apu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, L. E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeffer, P. R. (2011). Total polyphenolics and antioxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods*, 3, 115-124.
- Botterweck, A. A. M., Verhagen, H., Goldbohm, R. A., Kleinjans, J., van den Brandt, P. A., (2000). Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands Cohort Study. *Food and Chemical Toxicology*, 38, 599-605.
- Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M. H., Elsohly, M. A., Khan, I. A. (2014). Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014, 253875.
- Chew, K. K., Ng, S. Y., Thoo, Y. Y., Khoo, M. Z., Wan Aida, W. M., Ho, C. W. (2011). Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Centella asiatica* extracts. *International Food Research Journal*, 18, 571-578.
- Chew, Y. L., Lim, Y. Y., Omar, M., Khoo, K. S. (2008). Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1067-1072.
- Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology*, 55, 217-225.
- Gümüşay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N., Demirkol, O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chem*, 173, 156-162.
- Hassan, S. W., Umar, R. A., Matazu, I. K., Maishanu, H. M., Abbas, A. Y., Sani, A. A. (2007). The Effect of Drying Method on the Nutrients and Non-Nutrients Composition of Leaves of *Leptadenia hastata* (Asclipiaceae). *Asian Journal of Biochemistry*, 2, 188-192.
- Kankara, S., Mustafa, M., Ibrahim, M. H., Nulit, R., Go, R. (2014). Effect of Drying Methods, Solid-Solvent Ratio, Extraction Time and Extraction Temperature on Phenolic Antioxidants and Antioxidant Activity of *Guiera senegalensis* J.F. Gmel (Combretaceae) Leaves Water Extract. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 2, 1378-1392.
- Kornienko, J. S., Smirnova, I. S., Pugovkina, N. A., Ivanova, J. S., Shilina, M. A., Grinchuk, T. M., Shatrova, A. N., Aksenov, N. D., Zenin, V. V., Nikolsky, N. N., Lyublinskaya, O. G. (2019). High doses of synthetic antioxidants induce premature senescence in cultivated mesenchymal stem cells. *Scientific Reports*, 9, 1296.
- Ledesma-Escobar, C. A., Priego-Capote,

- F., Luque de Castro, M. D. (2016). Comparative Study of the Effect of Sample Pretreatment and Extraction on the Determination of Flavonoids from Lemon (*Citrus limon*). *Plos One*, 11, e0148056.
- Lee, C. Y., Nanah, C. N., Held, R. A., Clark, A. R., Huynh, U. G. T., Maraskine, M. C., Uzarski, R. L., McCracken, J., Sharma, A. (2015). Effect of electron donating groups on polyphenol-based antioxidant dendrimers. *Biochimie*, 111, 125-134.
- Lee, N. Y., Yunus, M. A. C., Idham, Z., Ruslan, M. S. H., Aziz, A. H. A., Irwansyah, N. (2016). Extraction and identification of bioactive compounds from agarwood leaves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 162, 012028.
- Li, Y., Li, S., Lin, S. J., Zhang, J. J., Zhao, C. N., Li, H. B. (2017). Microwave-Assisted Extraction of Natural Antioxidants from the Exotic *Gordonia axillaris* Fruit: Optimization and Identification of Phenolic Compounds. *Molecules*, 22, 1481.
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., Abete, P. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 757-772.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4, 118-126.
- Marseglia, L., Manti, S., D'Angelo, G., Nicotera, A., Parisi, E., Di Rosa, G., Gitto, E., Arrigo, T. (2014). Oxidative Stress in Obesity: A Critical Component in Human Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 378-400.
- Matyas, M., Hasmasanu, M. G., Zaharie, G. (2019). Antioxidant Capacity of Preterm Neonates Assessed by Hydrogen Donor Value. *Medicina*, 55, 720.
- Mutha, R. E., Tatiya, A. U., Surana, S. J. (2021). Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7, 25.
- Nasir, W. N. H. W., Ibrahim, N. N. A., Woon, K. H., Abu Bakar Sajak, A., Sofian-Seng, N. S., Wan Mustapha, W. A., Abdul Rahman, H. (2021). Effects of Different Drying Methods and Solvents on Biological Activities of *Curcuma aeruginosa* Leaves Extract. *Sains Malaysiana*, 50, 2207-2218.
- Nowak, D., Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*, 9, 1488.
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., Periyasamy, L. (2014). Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30, 11-26.
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., Bitto, A. (2017). Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1-13.
- Silva-Espinoza, M. A., Ayed, C., Foster, T., Camacho, M. d. M., Martínez-Navarrete, N. (2019). The Impact of Freeze-Drying Conditions on the Physico-Chemical Properties and Bioactive Compounds of a Freeze-Dried Orange Puree. *Foods*, 9, 32.
- Sudirman, S., Herpandi, Safitri, E., Apriani, E. F., Taqwa, F. H. (2022). Total polyphenol and flavonoid contents and antioxidant activities of water lettuce (*Pistia stratiotes*) leave extracts. *Food Research*, 6(4), 205-210.
- Sudirman, S., Herpandi, H., Nopianti, R., Dwita L. S., Wasahla, W., Mareta, H., (2017). Phenolic Contents, Tannin, Vitamin C, and Vitamin E of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*). *Oriental Journal of Chemistry*, 33, 3173-3176.
- Wongklom, A., Moonsin, P. (2018). Effect of drying methods on antioxidant capacity, total phenolic and flavonoid contents of Phakwan (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) powder. *SNRU Journal of Science and Technology*, 10, 96-103.
- Yi, W., Wetzstein, H. Y. (2011). Effects of Drying and Extraction Conditions on the Biochemical Activity of Selected Herbs. *HortScience*, 46, 70-73.

FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1* Yield of water lettuce leaf extract with different drying methods;  sun;  oven;  freeze drying; Data was shown as mean±SD (n=3). Different letter (a-b) indicated significant difference at $p<0.05$.
- Figure 2* Total polyphenol (a) and flavonoid content (b) of water lettuce leaf extract with different drying methods;  sun;  oven;  freeze drying; Data was shown as mean±SD (n=3). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p<0.05$.
- Figure 3* Antioxidant activity of water lettuce leaf extract with different drying methods;  sun;  oven;  freeze drying; Data was shown as mean ± SD (n=3). Different letter (a-c) indicated significant difference at $p<0.05$.