



Pengaruh formulasi minuman herbal daun beluntas dan kelopak bunga rosella terhadap kualitas, aktivitas antioksidan, dan sifat sensori

Paini Sri Widyawati*, Tarsisius Dwi Wibawa Budianta, Thomas Indarto Putut Suseno, Jennifer Yauwnita, Rahagel Otto Hadinata

Teknologi Pangan, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia

Article history

Diterima:

12 Desember 2023

Diperbaiki:

7 April 2024

Disetujui:

23 April 2024

Keywords:

antioxidant activity;

bioactive content;

herbal drink;

Pluchea leaf;

rosella flower petals;

sensory

ABSTRACT

Pluchea indica Less has been processed to be an herbal drink because it contains many bioactive compounds that have the potential as an antioxidant source. *Pluchea* herbal drink has low antioxidant activity, sensory acceptance, and unattractive color, so other herbal sources are required to improve antioxidant activity, color, and panelist preference for the drink. One of them is rosella flower petals. This research was conducted to study the effect of the formulation of *pluchea* leaves-rosella flower petals herbal drink on the quality, antioxidant activity, and sensory properties of herbal drinks. The proportion increasing of rosella flower petals had a significant effect on increasing water content, activity water (A_w), and redness (a^*) as well as the decreasing of lightness (L^*), yellowness (b^*), chroma (C) and hue (h) of herbal drink powder. The increase of total acid, turbidity, and redness (a^*) also was as well as the decrease of pH, lightness (L^*), yellowness (b^*), chroma (C), and hue (h) of steeping water of herbal drink. However, the bioactive contents, including total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and total tannin content (TTC), and the antioxidant activities, including DPPH free radical scavenging activity (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP), was decreased significantly. Meanwhile, panelists' hedonic acceptance decreased the taste and increased the color and aroma of the steeping water of the herbal drink. Proportion 40:60 (%w/w) was the best treatment with a total score of 0.83, which improved physicochemical and sensory quality, with pH 3.19 ± 0.12 , total acid $2.06 \pm 0.08\%$, turbidity 643.00 ± 9.35 NTU, lightness 3.05 ± 0.17 , redness 2.63 ± 0.19 , yellowness 1.65 ± 0.06 , chroma 3.10 ± 0.18 , hue 34.43 ± 0.26 , TPC 0.062 ± 0.004 (mg GAE/g sample dry base), TFC 0.027 ± 0.004 (mg CE/g sample dry base), TTC 0.066 ± 0.004 (mg TAE/g sample dry base), DPPH 0.025 ± 0.006 (mg GAE/g sample dry base), FRAP 0.016 ± 0.003 (mg GAE/g sample dry base), preference for color 5.69 ± 1.05 , taste 4.48 ± 1.06 , and aroma 5.74 ± 1.02 .



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : paini@ukwms.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v19i2.23494

PENDAHULUAN

Beluntas (*Pluchea indica* Less) adalah tanaman herbal kelompok *Asteraceae* yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pangan dan obat tradisional (Widyawati et al. 2014). Hal ini disebabkan daun beluntas mengandung sejumlah senyawa bioaktif, seperti asam klorogenat, asam kafeat, asam 3-O-kafeoilkuinat, asam 4-O-kafeoilkuinat, asam 5-O-kafeoilkuinat, asam 3,4-O-dikafeoilkuinat, asam 3,5-O-dikafeoilkuinat, dan asam 4,5-O-dikafeoilkuinat, kuersetin, kaempferol, mirisetin, antosianin, β -karoten dan karotenoid (Widyawati et al. 2022). Senyawa bioaktif dalam daun beluntas berpotensi dikembangkan sebagai sumber pangan fungsional. Salah satu produk pangan olahan dari daun beluntas adalah minuman herbal. Efek farmakologis dari daun beluntas meliputi antioksidan, antibakteri, antikanker dan antiinflamasi (Chan et al. 2022).

Minuman herbal adalah minuman yang dihasilkan dari proses penyeduhan bagian dari tanaman, seperti daun, bunga, biji, batang, maupun akar, selain tanaman teh (*Camelia sinensis*) (Chandrasekara and Shahidi 2018) dalam kondisi kering maupun segar (Pratiwi et al. 2021). Pemilihan pengolahan daun beluntas menjadi minuman herbal karena prosesnya sederhana dan dapat memperpanjang masa simpan komoditas tersebut karena kadar airnya rendah. Kadar air minuman herbal dalam kantung teh disesuaikan dengan standar SNI teh hijau celup (4324-2014) dengan kadar air maksimal adalah 10%. Widyawati et al. (2016) telah mengawali pembuatan minuman herbal daun beluntas yang dikemas dalam kantung teh 2 gram yang dalam penyajiannya diseduh dalam air panas 95 °C selama 5 menit. Air seduhan minuman herbal mempunyai total fenol (TPC) sebesar 9,3 mg ekivalen asam gallat (mg EAG)/g sampel berat kering (bk), total flavonoid (TFC) sebesar 22,0 mg ekivalen (+)-katekin (mg EC)/g sampel bk, kemampuan menangkal radikal bebas DPPH (DPPH) sebesar 27,2 mg ekivalen asam gallat (mg EAG)/g sampel bk, dan kemampuan mereduksi ion besi (FRAP) 10,2 mg ekivalen asam gallat (mg EAG)/g sampel bk. Kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan air seduhan minuman herbal tersebut masih rendah dibandingkan 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 gram/kantung teh, namun mempunyai tingkat penerimaan panelis tertinggi. Selain itu air seduhan minuman herbal tersebut mempunyai

warna yang kurang menarik, sensasi getir dan sepat serta rasa pahit.

Berbagai usaha telah dilakukan untuk meningkatkan penerimaan sensori maupun aktivitas antioksidan, seperti penambahan teh hijau (Widyawati et al. 2017), teh hitam (Widyawati et al. 2018), lemon (Widyawati et al. 2020), dan madu (Anggraeni et al. 2016, Intar et al. 2016). Penambahan masing-masing bahan tersebut ada yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan, seperti lemon dan madu mulai konsentrasi 1 hingga 5%, dan teh hijau mulai proporsi 25 hingga 50% (Anggraeni et al. 2016, Intar et al. 2016, Widyawati et al. 2016). Namun penggunaan teh hitam pada berbagai proporsi justru menurunkan aktivitas antioksidan (Widyawati et al. 2018). Disisi lain penggunaan keempat bahan-bahan tersebut belum dapat meningkatkan ketertarikan panelis dari segi warna, Penggunaan madu hanya diperoleh skor kesukaan warna oleh panelis senilai 5,75 dengan kategori agak suka (Anggraeni et al. 2016), penambahan lemon diperoleh skor penerimaan panelis dari segi warna senilai 6 dengan kategori suka (Widyawati et al. 2020). Sedangkan penggunaan teh hitam diperoleh skor penerimaan panelis terhadap warna sebesar 5,5 dengan kategori suka, skor penerimaan terhadap rasa sebesar 4,5 dengan kategori agak suka dan skor penerimaan terhadap aroma sebesar 5 dengan kategori agak suka. Oleh karena itu perlu pencarian bahan pangan lain yang mampu memberikan kontribusi senyawa antioksidan, memperbaiki rasa dan warna air seduhan minuman herbal daun beluntas, salah satunya adalah kelopak bunga rosella.

Penambahan bunga rosella pada minuman herbal daun beluntas dapat digunakan sebagai penutup (*masking*) sensasi getir dan sepat dan rasa pahit karena keberadaan asam-asam organik (asam sitrat asam malat, asam glikolik, asam hibiscin, asam oksalat, asam tartrat, dan asam askorbat) yang dapat menghasilkan rasa asam dan sensasi segar (Ali et al. 2013). Selain itu kelopak bunga rosella mempunyai senyawa antosianin yang berwarna merah (Eveline et al. 2014), yang dapat digunakan sebagai pewarna alami, sehingga diharapkan dapat meningkatkan tingkat penerimaan panelis terhadap warna minuman herbal daun beluntas. Penggunaan kelopak bunga rosella juga dapat meningkatkan kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan minuman herbal daun beluntas.

Ali et al. (2013) menyebutkan antosianin dalam kelopak bunga rosella terdiri atas gosipetin (*hydroxyflavone*) dan hibiscin sejumlah 2%. Purbowati and Maksun (2019) menginformasikan bahwa ekstrak rosella mengandung total antosianin (TAC) sebesar $14,80 \pm 0,08$ mg/g, TPC sebesar $23,77 \pm 0,25$ mg/g, vitamin C sebesar $10,74 \pm 0,14$ mg/g, IC_{50} sebesar $202,47 \mu\text{L/ml}$. Riaz and Chopra (2018) menunjukkan bahwa senyawa fitokimia yang terkandung dalam bunga rosella adalah delphinidin-3-glukosida, sambubiosida, sianidin-3-sambubiosida, gossipetin, hibisletin, asam protokatekuat, eugenol, β -sitosterol, dan ergosterol. Okereke et al. (2015) menemukan bahwa bunga rosella mengandung tanin (17,0%), saponin (0,96%), fenol (1,1%), glikosida (0,13%), alkaloid (2,14%) dan flavonoid (20,08%). Penggunaan bunga rosella dalam pembuatan minuman herbal diharapkan dapat memperbaiki penerimaan warna dan meningkatkan aktivitas antioksidan. Da-Costa-Rocha et al. (2014) menginformasikan bahwa kelopak bunga rosella mempunyai efek farmakologi, diantaranya antioksidan, antibakteri, antikolesterol, antidiabetik, dan antihipertensi. Oleh karena itu penelitian dilakukan untuk menentukan pengaruh formulasi pada minuman herbal daun beluntas dan kelopak bunga rosella terhadap kualitas, aktivitas antioksidan dan sifat sensoris.

METODE

Bahan

Bahan pembuatan minuman herbal adalah daun beluntas muda pada ruas 1-6 dari pucuk (Widyawati et al. 2011), yang berasal dari pekarangan di daerah Mangrove, Wonorejo, Rungkut, Surabaya. Kelopak bunga rosella dibeli di Toko Goldenseed, Kota Surabaya. Air minuman dalam kemasan dibeli di supermarket setempat. Kantong teh ukuran 3,7 cm x 1,3 cm x 4,7 cm dengan ukuran 60 mikron dibeli dari perusahaan pengemasan teh di Yogyakarta.

Bahan kimia yang digunakan *analytical grade* yang meliputi natrium hidroksida, asam oksalat, phenolptalein, asam gallat, Folin ciocalteus phenol, natrium karbonat, besi klorida, asam kloroasetat, natrium dihidrogen fosfat, dinatrium hidrogen fosfat, metanol, natrium nitrit, aluminium klorida, kalium ferisianida yang dibeli dari PT Merck Tbk (Jakarta, Indonesia). (+)-katekin dan 2,2-difenil-2-pikrilhidrasil (DPPH) yang diperoleh dari Sigma-Aldrich (St Louis,

Missouri, Amerika Serikat). Akuades dan akuabides teknis dibeli di PT Surabaya Akua Industri (Surabaya, Indonesia).

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitis (Ohaus Cp 214), *chopper* (Philips HR2116), *analytical sieve shaker* (OASS203), *drying oven* (Venticell), *vacuum oven* (Binder), Aw-meter (Rotronik HP23-AW-A-Hygropalm), *color rider* (Minolta CR10), turbidimeter (Orbeco-Hellige 966-IR), pHmeter (Schott Lab 850), dan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV 1800 pharmaspee).

Preparasi Sampel

Daun beluntas muda pada ruas daun 1 hingga 6, disortasi, dicuci dan dikeringanginkan pada suhu kamar selama 7 hari (Widyawati et al. 2016). Selanjutnya daun kering dihancurkan dengan *chopper* dan diayak dengan ukuran 45 mesh. Selanjutnya bubuk daun dipanaskan dalam *drying oven*, pada suhu 120°C selama 10 menit untuk mereduksi mikroflora (Widyawati et al. 2023). Sedangkan kelopak bunga rosella kering juga diperlakukan yang sama dengan daun beluntas. Kedua bubuk tersebut dihomogenkan dan dianalisa kadar air, aktivitas air dan warna, lalu disimpan dalam *standing pouch* dari aluminium foil. Kemudian bubuk daun beluntas (B) dan kelopak bunga rosella (R) dikombinasi sehingga diperoleh 6 taraf perlakuan dengan perbandingan proporsi 100:0; 80:20; 60:40; 40:20; 20:80; 0:100 (% b/b) dan dimasukkan dalam kantong teh seberat 2 gram. Setiap kantong teh diseduh dengan 100 ml air minum dalam kemasan pada suhu 95°C selama 5 menit. Selanjutnya setiap air seduhan dianalisis kualitas, yang meliputi : warna, kekeruhan, total asam dan pH, kadar senyawa bioaktif (TPC, total tanin/TTC, TFC), aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP), dan sensori (tingkat kesukaan terhadap warna, rasa, dan aroma).

Analisa Kadar Air

Kadar air sampel minuman herbal dianalisa berdasarkan metode thermogravimetri (AOAC 2005), menggunakan *vacuum oven*, pada suhu 70°C dan tekanan 25 mmHg. Proses pengeringan dilakukan selama 2 jam, selanjutnya sampel dilakukan penimbangan dan sampel dipanaskan kembali pada suhu dan tekanan yang sama selama 30 menit hingga diperoleh berat konstan.

Analisa Aktivitas Air

Aktivitas air (Aw) setiap sampel bubuk minuman herbal diuji menggunakan Aw-meter berdasarkan metode AOAC (2005). Sebanyak 10 g sampel setiap perlakuan ditimbang dan dimasukkan ke dalam chamber kemudian dianalisis menggunakan Aw-meter.

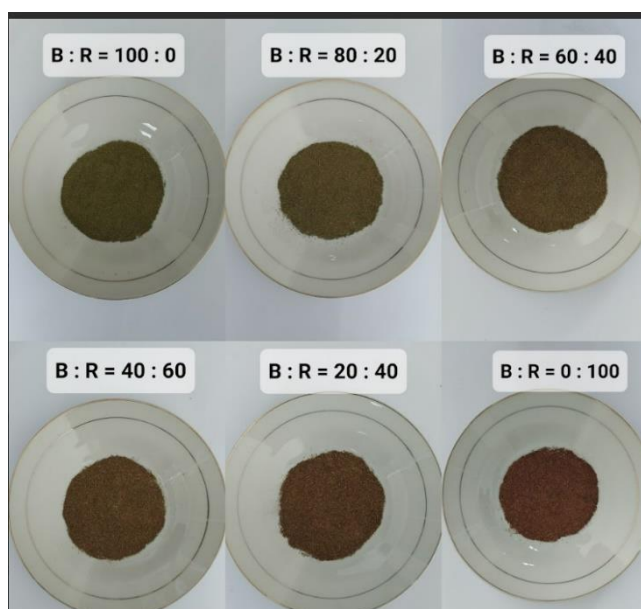
Analisa Warna

Warna sampel bubuk dan air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella ditentukan dengan *color rider*. (Octavianus

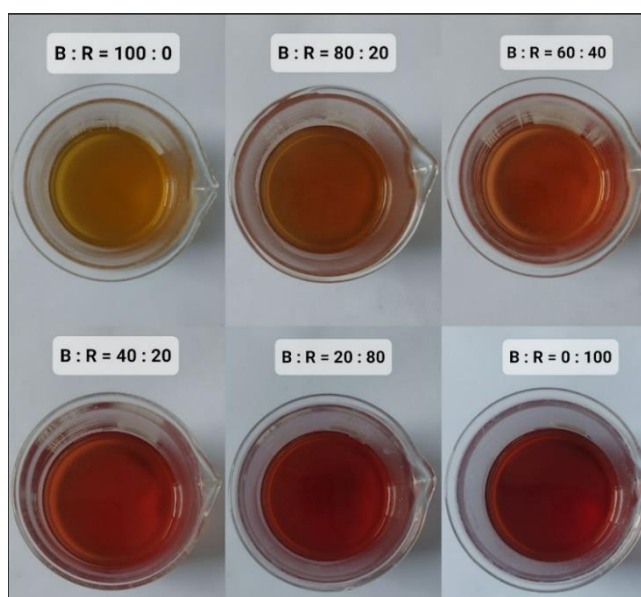
dkk., 2014). Parameter yang diukur meliputi *lightness* (L^*), *redness* (a^*), *yellowness* (b^*), *chroma* (C) dan *hue* ($^{\circ}h$).

Analisa Kekeruhan

Kekeruhan air seduhan minuman herbal diuji dengan metode turbidimetri (Pramesti and Puspikawati 2020). Turbidimeter mengukur besarnya sinar atau cahaya yang dapat melewati air sampel. Satuan dari turbidimeter adalah NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Semakin tinggi nilai NTU maka semakin tinggi tingkat kekeruhannya.



Gambar 1 Bubuk Minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella pada berbagai proporsi



Gambar 2 Air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella pada berbagai proporsi

Analisa Total Asam

Pengujian total asam didasarkan pada reaksi netralisasi antara ion hidrogen dengan ion hidroksida, yang didasarkan pada metode (Rekha et al. 2012). Reaksi netralisasi tersebut ditentukan dengan metode titrimetri. Total asam dalam minuman herbal diekuivalenkan dengan asam askorbat.

Analisa pH

Derajat keasaman (pH) minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella didasarkan metode AOAC (2005). 100 ml sampel ditempatkan dalam chamber selanjutnya diukur pHnya menggunakan pHmeter.

Analisa Total Fenol

TPC minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella ditentukan dengan reagen Folin ciocalteus berdasarkan modifikasi metode Fitriarni et al. (2022). Reaksi redoks antara senyawa fenol, reagen folin ciocalteus dan Na_2CO_3 dapat menghasilkan larutan berwarna biru yang dapat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 760$ nm. Data dinyatakan sebagai ekuivalen mg asam gallat/g sampel berat kering (mg EAG/g sampel bk).

Analisa Total Flavonoid

TFC sampel dianalisis menggunakan metode AlCl_3 berdasarkan modifikasi metode Widyawati et al. (2022). Reaksi pembentukan senyawa kompleks berwarna orange antara senyawa flavonoid, AlCl_3 , NaNO_2 dan NaOH dapat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 510$ nm. Data dinyatakan ekuivalen mg (+)-katekin /g sampel berat kering (mg EC/g sampel bk).

Analisa Total Tanin

TTC sampel minuman herbal ditentukan dengan reagen Folin ciocalteus berdasarkan modifikasi metode Amanto et al. (2020). Reaksi redoks antara senyawa tanin, reagen folin ciocalteus dan Na_2CO_3 yang menghasilkan larutan berwarna biru dapat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 760$ nm. Data dinyatakan sebagai ekuivalen mg asam tannat/g sampel berat kering (mg EAT/g sampel bk).

Analisa Kemampuan Menangkal Radikal Bebas DPPH

Pengujian DPPH didasarkan pada kemampuan donor elektron senyawa antioksidan,

sehingga menghasilkan senyawa difenil pikrilhidrasin yang stabil dan berwarna kuning (Widyawati et al. 2022). Intensitas warna ungu dari senyawa DPPH dapat dianalisa dengan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 517$ nm. Kemampuan penghambatan terhadap radikal bebas DPPH dinyatakan dengan prosentase penghambatan (%) dinyatakan pada Persamaan (1). Prosentase penghambatan sampel dinyatakan ekuivalen mg asam gallat/g sampel berat kering (mg EAG/g sampel bk), karena asam gallat adalah paling efektif dan efisiensi sebagai antioksidan (Maesaroh et al. 2018).

$$DPPH(\%) = \frac{Ab - As}{Ab} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan

Ab = absorbansi blanko yaitu larutan DPPH dalam metanol absolut

As = absorbansi sampel.

Analisa Kemampuan Mereduksi Ion Besi

FRAP air seduhan minuman herbal ditentukan secara spektrofotometri berdasarkan metode Widyawati et al. (2022). Intensitas warna biru yang dihasilkan dari reaksi redoks antara senyawa antioksidan dengan kalium ferri sianida dan ferri klorida dapat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 700$ nm. Data dinyatakan ekuivalen dengan mg asam gallat/g sampel berat kering (mg EAG/g sampel bk).

Analisa Sensori

Sifat sensori air seduhan minuman herbal dianalisis berdasarkan modifikasi metode Nugroho et al. (2020). Metode pengujian sensori yang digunakan adalah metode hedonik skoring terhadap parameter aroma, rasa, dan warna dengan atribut sebanyak 7 level, skor 1 menunjukkan sangat tidak suka, sedangkan skor 7 menunjukkan sangat suka. Pengujian sensori melibatkan 101 panelis tidak terlatih, yang sebelumnya telah diberikan informasi tentang prosedur penilaian dengan umur panelis berkisar antara 17 hingga 25 tahun terdiri atas laki-laki dan perempuan, yaitu mahasiswa Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Setiap proporsi minuman herbal diseduh dengan air panas suhu 95°C selama 5 menit selanjutnya dimasukkan dalam sloki dengan ukuran 10 ml untuk disajikan

dan dilakukan pengujian. Perlakuan terbaik minuman herbal ditentukan menggunakan uji pembobotan (*index effectiveness test*), dengan langkah-langkah sebagai berikut (Widyawati et al. 2024):

- Perhitungan rata-rata parameter bobot berdasarkan hasil yang diisi oleh panelis
- Perhitungan berat bobot normal (BN) dengan Persaman (2).

$$BN = \frac{\text{berat variabel}}{\text{berat total}} \quad (2)$$

- Perhitungan nilai efektivitas (NE) dengan Persaman (3)

$$NE = \frac{\text{nilai perlakuan} - \text{nilai terburuk}}{\text{nilai terbaik} - \text{nilai terburuk}} \quad (3)$$

- Perhitungan nilai rendemen (NH) dengan Persamaan (4).

$$NH = NE \times \text{berat bobot normal} \quad (4)$$

- Perhitungan nilai produktivitas total seluruh parameter dengan Persamaan (5)

$$NH \text{ total} = NH \text{ warna} + NH \text{ tekstur} + NH \text{ rasa} + NH \text{ dari aroma} \quad (5)$$

- Penentuan perlakuan terbaik dilakukan dengan memilih perlakuan yang mempunyai total NH terbesar.

Analisis Statistik

Design penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) satu faktor,

yaitu proporsi minuman herbal daun beluntas (B)-kelopak bunga rosella (R) yang meliputi : 100:0, 80:20, 60:40, 40:20, 20:80, 0:100 (%b/b). Percobaan diulang sebanyak empat (4) kali, sehingga diperoleh sampel sebanyak 24 unit. Data yang diperoleh dihomogenisasi dari setiap analisis sebanyak tiga (triplo) yang dinyatakan sebagai rata-rata $\pm$ SD. Analisis statistik yang digunakan adalah *one-way analysis of variance* (ANOVA) untuk mengetahui perbedaan signifikan setiap perlakuan ($\alpha=0,05$), dilanjutkan dengan analisis *Duncan's New multiple range test* (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan ($\alpha=0,05$) dengan menggunakan *software* SPSS versi 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Minuman Herbal

Kadar air bubuk minuman herbal pada berbagai proporsi berbeda secara signifikan pada $\alpha=0,05$. Kadar air bubuk daun beluntas lebih rendah dibandingkan bubuk kelopak bunga rosella, oleh karena itu peningkatan proporsi bubuk kelopak bunga rosella meningkatkan kadar air minuman herbal.

Berdasarkan data, kadar air yang diperoleh berkisar antara 6,86-7,96 (% bk), hal ini sesuai dengan SNI teh hijau celup (4324-2014), nilai kadar air maksimal adalah 10%. Kadar air tertinggi dimiliki oleh sampel dengan proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella dengan perbandingan 0:100% yaitu sebesar $7,96 \pm 0,08\%$ dan kadar air terendah dimiliki oleh sampel dengan proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella dengan perbandingan 100:0% sebesar $6,86 \pm 0,04\%$.

Tabel 1 Kualitas bubuk minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella pada berbagai proporsi

Proporsi B:R (%b/b)	Kadar Air (% bk)	Aw	Warna				
			<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i>	<i>h</i>
100:0	6,86 $\pm$ 0,04 ^a	0,21 $\pm$ 0,12 ^a	45,10 $\pm$ 0,24 ^d	0,28 $\pm$ 0,15 ^a	9,20 $\pm$ 0,88 ^b	9,20 $\pm$ 0,88 ^b	90,33 $\pm$ 1,73 ^e
80:20	7,26 $\pm$ 0,01 ^b	0,28 $\pm$ 0,05 ^a	43,10 $\pm$ 0,41 ^c	1,40 $\pm$ 0,08 ^{ab}	9,43 $\pm$ 0,91 ^b	9,48 $\pm$ 0,91 ^b	83,73 $\pm$ 1,67 ^d
60:40	7,43 $\pm$ 0,13 ^c	0,29 $\pm$ 0,06 ^b	42,55 $\pm$ 0,40 ^{bc}	2,45 $\pm$ 0,21 ^b	8,88 $\pm$ 0,88 ^b	9,10 $\pm$ 0,88 ^b	75,75 $\pm$ 1,08 ^c
40:60	7,75 $\pm$ 0,05 ^d	0,29 $\pm$ 0,05 ^b	42,28 $\pm$ 0,39 ^b	2,50 $\pm$ 0,18 ^b	8,90 $\pm$ 0,32 ^b	8,98 $\pm$ 0,49 ^b	74,93 $\pm$ 1,41 ^c
20:80	7,93 $\pm$ 0,05 ^e	0,30 $\pm$ 0,06 ^c	41,70 $\pm$ 0,66 ^{ab}	4,45 $\pm$ 0,06 ^c	7,68 $\pm$ 0,46 ^a	8,63 $\pm$ 0,66 ^b	62,73 $\pm$ 2,04 ^b
0:100	7,96 $\pm$ 0,08 ^f	0,31 $\pm$ 0,05 ^c	41,25 $\pm$ 0,51 ^a	5,83 $\pm$ 0,38 ^c	7,20 $\pm$ 0,62 ^a	7,75 $\pm$ 0,72 ^a	49,30 $\pm$ 0,54 ^a

Keterangan : B adalah daun beluntas, R adalah kelopak bunga rosella. Data dinyatakan sebagai rata-rata $\pm$ SD yang diperoleh dari empat ulangan. Rerata dengan superskrip (huruf) berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata, $\alpha=0,05$.

Tabel 2 Kualitas air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella pada berbagai proporsi

Proporsi B:R (%b/b)	pH	Total Asam (%)	Kekeruhan (NTU)	Warna				
				<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i>	<i>°h</i>
100:0	6,37±0,33 ^c	0,48±0,03 ^a	487,25±6,55 ^a	5,60±0,14 ^c	1,03±0,10 ^a	5,45±0,06 ^d	5,60±0,14 ^c	77,68±0,62 ^c
80:20	4,46±0,20 ^d	0,95±0,09 ^b	507,25±6,13 ^b	5,30±0,41 ^c	1,85±0,13 ^b	5,10±0,29 ^d	5,33±0,43 ^c	61,33±3,23 ^d
60:40	3,68±0,13 ^c	1,45±0,02 ^c	571,25±6,65 ^c	4,65±0,33 ^b	2,35±0,06 ^c	2,38±0,21 ^c	4,65±0,33 ^b	34,60±0,49 ^c
40:60	3,19±0,12 ^b	2,06±0,08 ^d	643,00±9,35 ^d	3,05±0,17 ^a	2,63±0,19 ^d	1,65±0,06 ^b	3,10±0,18 ^a	34,43±0,26 ^b
20:80	2,95±0,09 ^a	2,55±0,14 ^c	656,00±4,24 ^c	2,83±0,26 ^a	3,10±0,29 ^c	0,90±0,08 ^a	2,85±0,26 ^a	31,95±2,53 ^a
0:100	2,81±0,06 ^a	3,45±0,03 ^f	665,50±3,11 ^f	2,75±0,13 ^a	4,00±0,22 ^f	0,58±0,05 ^a	2,75±0,13 ^a	30,90±2,23 ^a

Keterangan : B adalah daun beluntas, R adalah kelopak bunga rosella. Data dinyatakan sebagai rata-rata ± SD yang diperoleh dari empat ulangan. Rerata dengan superskrip (huruf) berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata, $\alpha=0,05$.

Kadar air menunjukkan jumlah air bebas dan air terikat lemah yang terdapat dalam pori, intermolekul maupun interseluler dari pangan maupun bahan pangan yang menentukan sifat fisikokimia, antioksidan dan sifat sensoris dari minuman herbal (Widyawati et al. 2016). Pengujian kualitas bubuk minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella ditunjukkan pada Tabel 1.

Aktivitas air (*Aw*) menunjukkan jumlah air bebas yang terdapat dalam pangan atau bahan pangan (Belitz et al. 2009). Nilai *Aw* bubuk minuman herbal pada berbagai proporsi berbeda secara signifikan pada $\alpha=0,05$. Nilai *Aw* berkisar antara 0,21-0,31. Nilai *Aw* tertinggi dimiliki oleh sampel dengan proporsi daun beluntas dan kelopak bunga rosella 0:100% yaitu sebesar 0,31±0,05 dan terendah dimiliki oleh sampel dengan perbandingan daun beluntas dan kelopak bunga rosella 100:0% yaitu sebesar 0,21±0,12.

Nilai bubuk daun beluntas lebih rendah dibandingkan bubuk kelopak bunga rosella, hal ini sangat berhubungan dengan kadar serat total daun beluntas sebesar 1,36 g/100 g (Suriyaphan 2014) dan kelopak bunga rosella sebesar 3,63 g/100 g (Eveline et al. 2014). Serat mempunyai peran menyerap dan menahan molekul air melibatkan interaksi hidrogen, hidroksil maupun karbonil, sehingga mempengaruhi kadar air dan *Aw* (Adawiyah et al. 2022, Widyawati et al. 2022). *Lightness* (*L**), *redness* (*a**) dan *yellowness* (*b**) bubuk minuman herbal pada berbagai proporsi berbeda signifikan pada $\alpha=0,05$. *L** dan *b** berkurang dengan bertambahnya proporsi kelopak bunga rosella, hal ini disebabkan kelopak bunga rosella mengandung senyawa antosianin yang berwarna merah. Eveline et al. (2014) menyatakan

bahwa kelopak bunga rosella mengandung antosianin dominan, seperti delphinidin-3-sambubiosida dan sianidin-3-sambubiosida serta delphinidin-3-glukosida dan sianidin-3-glukosida dalam jumlah rendah. Peningkatan proporsi antosianin dari kelopak bunga rosella berpengaruh terhadap peningkatan nilai *redness* (*a**).

Nilai derajat hue (*°h*) juga membuktikan bahwa semakin besar proporsi kelopak bunga rosella bubuk minuman herbal semakin berwarna merah, sedangkan semakin besar proporsi daun beluntas bubuk minuman herbal semakin berwarna kuning, hal ini juga didukung oleh kenampakan bubuk minuman herbal pada Gambar 2. Warna kuning pada bubuk daun beluntas disebabkan degradasi klorofil yang berwarna hijau sehingga warna karotenoid pada daun beluntas menjadi dominan, total karotenoid dalam daun beluntas sebesar 8,74±0,34 mg/100 g berat basah (bb) (Suriyaphan 2014). Warna merah dari kelopak bunga rosella karena kontribusi senyawa antosianin delphinidin-3-glukosida, sambubiosida, dan sianidin-3-sambubiosida (Riaz and Chopra 2018).

Hutching (1999) juga menegaskan bahwa nilai *°h* sebesar 90-126 berwarna kuning, 54-90 berwarna kuning kemerahan, dan 18-54 berwarna merah. Penurunan intensitas warna kuning secara signifikan akibat peningkatan proporsi kelopak bunga rosella ditunjukkan dengan perubahan nilai *chroma* (*C*) dari 9,20-7,75.

Hasil pengujian sampel air seduhan minuman herbal yang meliputi warna, kekeruhan, total asam, dan pH ditunjukkan pada Tabel 2. pH air seduhan minuman herbal pada berbagai proporsi berbeda secara signifikan pada $\alpha=0,05$. pH tertinggi dimiliki oleh minuman herbal pada

proporsi daun beluntas tertinggi dan terendah dimiliki oleh minuman herbal dengan proporsi kelopak bunga rosella tertinggi. Nilai pH berkisar antara 2,81-6,37. Kondisi seiring dengan data pengujian total asam, dimana minuman herbal dengan proporsi daun beluntas tertinggi mempunyai total asam terendah, demikian sebaliknya. Hal ini disebabkan kelopak bunga rosella mengandung asam askorbat sebagai asam dominan sebesar $10,74 \pm 0,14$ mg/g (Purbowati and Maksum 2019). Selain itu terdapat beberapa asam-asam organik, seperti asam sitrat, asam glikolik, asam malat, asam hibiscin, asam oksalat, dan asam tartrat (Ali et al. 2013). Sedangkan daun beluntas mengandung asam organik, seperti asam askorbat, asam klorogenat, asam ferulat dan asam kafeat (Suriyaphan 2014, Widyawati et al. 2023). Keberadaan asam organik tersebut menentukan tingkat kekeruhan minuman herbal yang dihasilkan. Kekeruhan air seduhan minuman herbal juga ditentukan oleh jumlah komponen terlarut, seperti karbohidrat, protein, mineral, vitamin, serta komponen fitokimia yang berasal dari bahan yang digunakan dalam pembuatan minuman herbal, seperti yang dijelaskan Yu and He (2022).

Nilai kecerahan (L^*) air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella seiring dengan nilai L^* bubuk minuman herbal, yang ditentukan keberadaan antosianin yang berwarna merah dari kelopak bunga rosella dan tanin dalam daun beluntas. Nilai L^* minuman herbal pada berbagai proporsi berbeda secara signifikan ($\alpha=0,05$). Semakin tinggi proporsi kelopak bunga rosella meningkatkan nilai *redness* (a^*) dan menurunkan nilai L^* karena semakin banyak antosianin terlarut dalam air seduhan, karena antosianin bersifat polar (Gao et al. 2019). Penurunan nilai L^* seiring dengan penurunan nilai *yellowness* (b^*), karena jumlah senyawa karotenoid dalam air seduhan semakin rendah. Warna air seduhan yang dihasilkan minuman herbal ditunjukkan oleh nilai $^{\circ}h$, warna sampel pada proporsi daun beluntas 100 dan 80 (% b/b) adalah kuning kemerahan, sedangkan pada proporsi 60, 40, 20 dan 0 (% b/b) adalah merah.

Range warna air seduhan minuman herbal yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan bubuk minuman herbal, berdasarkan Hutchings (1999). Hal ini juga terlihat pada intensitas warna kuning air seduhan minuman herbal juga lebih rendah

dibandingkan intensitas warna kuning bubuk minuman herbal pada proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa pigmen karotenoid mempunyai tingkat kelarutan yang rendah dibandingkan pigmen antosianin karena karotenoid bersifat non polar (González-Peña et al. 2023), sedangkan antosianin bersifat polar (Gao et al. 2019).

Total Fenol Minuman Herbal

Total fenol (TPC) air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai TPC air seduhan minuman herbal mengalami penurunan signifikan seiring peningkatan proporsi kelopak bunga rosella ($\alpha=0,05$).

Daun beluntas mempunyai TPC lebih tinggi dari kelopak bunga rosella, sehingga kadar senyawa fenolik berkurang seiring berkurangnya proporsi bubuk daun beluntas dalam formulasi minuman herbal tersebut. Nilai TPC minuman herbal tertinggi dimiliki oleh sampel dengan proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella 100:0% yaitu sebesar $0,159 \pm 0,006$ mg EAG/g sampel bk dan TPC terendah dimiliki oleh sampel dengan proporsi proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella 0:100% yaitu sebesar $0,039 \pm 0,002$ mg EAG/g sampel bk.

Senyawa fenolik yang terdapat dalam daun beluntas meliputi asam fenolat sebesar $28,48 \pm 0,67$ mg/100 g berat basah (bb) (asam klorogenat $20 \pm 0,24$ mg/100 g bb, asam kafeat $8,65 \pm 0,46$ mg/100 g bb), total flavonoid $6,39$ mg/100 g bb (kuersetin $5,21 \pm 0,26$ mg/100 g bb, kaempferol $0,28 \pm 0,02$ mg/100 g bb, mirisetin $0,09 \pm 0,03$ mg/100 g bb), total antosianin $0,27 \pm 0,01$ mg/100 g bb, asam 3-O-kafeoilkuinat, asam 4-O-kafeoilkuinat, asam 5-O-kafeoilkuinat, asam 3,4-O-dikafeoilkuinat, asam 3,5-O-dikafeoilkuinat, dan asam 4,5-O-dikafeoilkuinat (Suriyaphan 2014, Widyawati et al. 2022). Sedangkan kelopak bunga rosella mengandung senyawa fenolik, meliputi tanin (17,0%), saponin (0,96%), fenol (1,1%), dan flavonoid 20,08% (Okereke dkk., 2015), antosianin delphinidin-3-sambubiosida, sianidin-3-sambubiosida, delphinidin-3-glukosida dan sianidin-3-glukosida (Eveline et al. 2014). Adusei (2020) menunjukkan bahwa kelopak bunga rosella mempunyai TPC sebesar 12,25 mg EAG/g.

Tabel 3 Kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella pada berbagai proporsi

Proporsi B:R (%b/b)	TPC (mg EAG/g sampel bk)	TFC (mg EC/g sampel bk)	TTC (mg EAT/g sampel bk)	FRAP (mg EAG/g sampel bk)	DPPH (mg EAG/g sampel bk)
100:0	0,159±0,006 ^f	0,059±0,005 ^f	0,163±0,007 ^f	0,073±0,007 ^f	0,023±0,000 ^e
80:20	0,134±0,002 ^e	0,048±0,004 ^e	0,138±0,002 ^e	0,068±0,008 ^e	0,020±0,001 ^d
60:40	0,100±0,003 ^d	0,038±0,004 ^d	0,104±0,003 ^d	0,040±0,005 ^d	0,018±0,002 ^d
40:60	0,062±0,004 ^c	0,027±0,004 ^c	0,066±0,004 ^c	0,025±0,006 ^c	0,016±0,003 ^c
20:80	0,051±0,001 ^b	0,017±0,001 ^b	0,054±0,001 ^b	0,012±0,006 ^b	0,011±0,001 ^b
0:100	0,039±0,002 ^a	0,011±0,002 ^a	0,043±0,002 ^a	0,003±0,001 ^a	0,008±0,001 ^a

Keterangan : B adalah daun beluntas, R adalah kelopak bunga rosella. Data dinyatakan sebagai rata-rata ± SD yang diperoleh dari empat ulangan. Rerata dengan superskrip (huruf) berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata, $\alpha=0,05$.

Tabel 4 Korelasi Pearson antara kandungan senyawa bioaktif (TPC, TFC dan TTC) dan aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP)

Parameter	TPC	TFC	TTC	DPPH	FRAP
TPC	1				
TFC	0,965	1			
TTC	1,000	0,965	1		
DPPH	0,901	0,944	0,901	1	
FRAP	0,970	0,972	0,970	0,946	1

Keterangan : Signifikansi korelasi pada $\alpha = 0,05$ (2-tailed)

Total Flavonoid Minuman Herbal

Total flavonoid (TFC) air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella pada berbagai proporsi ditunjukkan pada Tabel 3. Data menunjukkan bahwa formulasi minuman herbal dengan daun beluntas dan kelopak bunga rosella menyebabkan nilai TFC mengalami perubahan secara signifikan pada $\alpha=0,05$. Peningkatan proporsi kelopak bunga rosella menurunkan nilai TFC minuman herbal. TFC tertinggi terjadi pada minuman herbal proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella 100:0% yaitu sebesar 0,059±0,005 mg EC/g sampel bk dan terendah dimiliki oleh proporsi 0:100% yaitu sebesar 0,011±0,002 mg EC/g sampel bk.

Senyawa flavonoid yang terdeteksi pada daun beluntas sebesar 6,39 mg/100 g bb, yang terdiri atas kuersetin sebesar 5,21 ± 0,26 mg/100 g bb, kaempferol sebesar 0,28 ± 0,02 mg/100 g bb, dan sebesar mirisetin 0,09 ± 0,03 mg/100 g bb (Suriyaphan 2014, Widyawati et al. 2022). Sedangkan senyawa flavonoid dalam kelopak bunga rosella sebesar 20,08% (Okereke et al. 2015). Adusei (2020) menunjukkan bahwa kelopak bunga rosella mempunyai TFC sebesar 10,01±0,02 mg EQ/g.

Menurut korelasi Pearson (r) bahwa nilai TFC minuman herbal berkorelasi positif dan kuat dengan nilai TPC dengan nilai sebesar 0,965 (Tabel 4). Hal ini berarti meningkatnya nilai TFC menyebabkan nilai TPC juga meningkat. Ali et al. (2021) juga menunjukkan bahwa TPC dan TFC dari ekstrak etil asetat dari *Caragana branchyantha* berkorelasi positif dengan r sebesar 0,92.

Total Tanin Minuman Herbal

Total tanin (TTC) air seduhan minuman herbal seiring dengan TPC, karena metode penentuannya sama hanya berbeda pada larutan standar yang digunakan. TTC menggunakan larutan standar asam tanat (Pratama et al. 2019). Peningkatan proporsi kelopak bunga rosella menurunkan nilai TTC air seduhan minuman herbal. Nilai TTC tertinggi dimiliki oleh minuman herbal dengan proporsi bubuk daun beluntas sebesar 100% yaitu 0,163±0,007 mg EAT/g sampel bk, sedangkan proporsi kelopak bunga telang tertinggi (100%) mempunyai nilai TTC sebesar 0,043±0,002 mg EAT/g sampel bk. Susetyarini (2013) menemukan bahwa kadar tanin daun beluntas segar sebesar 0,61% dan daun beluntas kering sebesar 1,885%. Septiana et al.

(2014) menunjukkan bahwa kadar tanin daun beluntas dari tanah dengan kadar garam tinggi sebesar 3,12%, sedangkan kadar tanin dari tanah dengan kadar garam rendah sebesar 1,93%. Kelopak bunga rosella mengandung tanin sebesar 13,73% (Styawan et al. 2021). Berdasarkan korelasi Pearson diperoleh bahwa TTC berkorelasi positif dan kuat dengan nilai r masing-masing sebesar 1,00 dan 0,965. Hal ini berarti peningkatan nilai TTC seiring peningkatan nilai TPC dan TFC.

Kemampuan Menangkal Radikal Bebas DPPH Minuman Herbal

Aktivitas antioksidan DPPH minuman herbal ditunjukkan pada Tabel 3. Aktivitas menangkalkan radikal bebas DPPH minuman herbal mengalami peningkatan seiring peningkatan proporsi daun beluntas dalam minuman herbal. DPPH tertinggi sebesar $0,023 \pm 0,000$ mg EAG/g sampel bk dan terendah sebesar $0,008 \pm 0,001$ mg EAG/g sampel bk. Kandungan senyawa bioaktif (TPC, TFC dan TTC) menentukan aktivitas antioksidan DPPH. Aktivitas antioksidan DPPH air seduhan minuman herbal berkurang secara signifikan seiring penurunan kandungan senyawa bioaktif (TPC, TFC dan TTC) dan penurunan proporsi daun beluntas dalam minuman herbal ($\alpha=0,05$).

Kekuatan senyawa bioaktif menangkalkan radikal bebas DPPH ditunjukkan pada kemampuannya mereduksi warna ungu dari radikal 2,2-difenil-pikrilhidrasil membentuk senyawa 2,2-difenil-pikrilhidrasin yang berwarna kuning (Widyawati et al. 2022). Berdasarkan korelasi Pearson (Tabel 4) diketahui bahwa TPC, TFC dan TTC berkorelasi positif dan kuat dengan DPPH dengan nilai r secara berturut-turut masing-masing sebesar 0,901, 0,944 dan 0,901. Hasil ini seiring dengan penelitian Wang et al. (2021), total fenol buah pear berkontribusi pada aktivitas antioksidan DPPH. Namun senyawa flavonoid buah pear berpengaruh pada aktivitas antioksidan DPPH, hal ini bertentangan dengan pendapat Wang et al. (2021) dengan nilai $r = 0,529$. Nayaka et al. (2023) juga menunjukkan hal yang sama, bahwa TFC dari ekstrak n-heksana daun *Pereskia bleo* tidak berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan DPPH dengan nilai $r = 0,106$. Sedangkan Wahyuni et al. (2021) menunjukkan bahwa TFC ekstrak daun bambu duri (*Bambusa blumeana*) berpengaruh negatif dengan nilai IC_{50} pada aktivitas antioksidan DPPH ($r = -0,981$), semakin tinggi kadar flavonoid maka nilai IC_{50}

pada pengujian aktivitas antioksidan DPPH semakin kecil. Hal ini berarti aktivitas antioksidan ekstrak daun bambu duri tersebut semakin tinggi. Nayaka et al. (2023) menunjukkan bahwa IC_{50} adalah konsentrasi ekstrak yang dapat menangkap radikal bebas DPPH. Semakin rendah nilai IC_{50} menunjukkan aktivitas antioksidan semakin tinggi. Sedangkan nilai TTC minuman herbal menunjukkan korelasi yang sangat kuat dengan aktivitas antioksidan DPPH, hal ini sama terjadi pada hasil pengujian Wang et al. (2021) dan Li et al. (2014), hal ini disebabkan struktur tanin dapat mendonorkan atom H pada DPPH membentuk molekul DPPH-H.

Aktivitas antioksidan senyawa fenolik sangat ditentukan sifat redoks, sehingga senyawa fenolik mampu berfungsi sebagai agen pereduksi, donor hidrogen, *quencher oksigen singlet*, dan pengkelat logam. Rahman et al. (2015) menyatakan bahwa kemampuan menangkalkan radikal bebas DPPH ekstrak *Tabebuia pallida* berkorelasi kuat dengan kemampuan senyawa fenolik mendonorkan atom hidrogen. Antosianin delphinidin yang dominan dalam kelopak bunga rosella mempunyai gugus asil bebas dan struktur aglikon yang dapat berfungsi sebagai pewarna alami maupun antioksidan. Widyawati et al. (2014) menyatakan bahwa aktivitas menangkalkan radikal bebas dan kemampuan mengkelat senyawa fenolik sangat ditentukan oleh jumlah dan posisi gugus hidroksil bebas dari senyawa fenolik serta posisi ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya. Jan et al. (2013) menginformasikan bahwa senyawa fenol potensial sebagai antioksidan, antimutagenik dan antikanker, sedangkan flavonoid adalah bagian terbesar senyawa polifenol alami yang berkontribusi utama terhadap aktivitas antioksidan dan penghambatan reaksi oksidasi secara in vivo dan in vitro.

Kemampuan Mereduksi Ion Besi Minuman Herbal

Aktivitas mereduksi (FRAP) air seduhan minuman herbal ditunjukkan pada Tabel 3. Kemampuan senyawa antioksidan mereduksi ion besi sangat ditentukan oleh kemampuannya mereduksi ion Fe^{3+} menjadi ion Fe^{2+} (Syarif et al. 2015). FRAP air seduhan minuman herbal mengalami peningkatan seiring peningkatan proporsi daun beluntas yang digunakan. FRAP tertinggi sebesar $0,073 \pm 0,007$ mg EAG/g sampel bk dan terendah sebesar $0,003 \pm 0,001$ mg EAG/g sampel bk.

Tabel 5 Sensori air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella pada berbagai proporsi

Proporsi Daun Beluntas Kelopak Bunga Rosella (%b/b)	Kesukaan terhadap Warna	Kesukaan terhadap Rasa	Kesukaan terhadap Aroma	Uji Pembobotan
100:0	1,73±0,48 ^a	4,29±0,86 ^d	1,76±0,72 ^a	0,35
80:20	3,31±0,72 ^b	3,49±0,81 ^c	3,51±0,86 ^c	0,42
60:40	4,10±0,87 ^c	5,69±1,05 ^e	4,86±1,10 ^d	0,79
40:60	5,69±1,05 ^d	4,48±1,06 ^d	5,74±1,02 ^e	0,83
20:80	6,03±0,66 ^e	2,50±0,55 ^b	4,85±1,21 ^d	0,79
0:100	6,45±0,88 ^f	1,66±0,48 ^a	2,58±0,61 ^b	0,35

Keterangan: B adalah daun beluntas, R adalah kelopak bunga rosella. Data dinyatakan sebagai rata-rata ± SD yang diperoleh dari empat ulangan. Rerata dengan superskrip (huruf) berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata, $\alpha=0,05$.

Berdasarkan korelasi Pearson (Tabel 4), TPC, TFC dan TTC berkorelasi positif dan kuat dengan FRAP dengan nilai r secara berturutan masing-masing sebesar 0,970, 0,972, dan 0,970. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa fenol, flavonoid dan tanin berkontribusi terhadap kemampuan mereduksi minuman herbal.

Kemampuan FRAP air seduhan minuman herbal pada proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 dan 20:80% lebih tinggi dibandingkan kemampuan menangkal radikal bebas DPPH, namun pada proporsi 0:100% kemampuan FRAP lebih rendah. Kekuatan mereduksi ion besi suatu ekstrak sangat tergantung pada kemampuannya sebagai reduktan yaitu kemampuan mendonorkan atom hidrogen dan memutus rantai radikal bebas (Jan et al. 2013).

Padayappa et al. (2021) menyatakan senyawa bioaktif yang potensi mereduksi ion besi dapat berfungsi sebagai antioksidan primer dan sekunder. Suhendy (2021) menginformasikan bahwa senyawa antioksidan sekunder adalah senyawa yang mampu mereduksi ion besi (FRAP). Poli et al. (2022) juga menginformasikan bahwa senyawa fitokimia yang mempunyai aktivitas menangkal radikal bebas DPPH dapat berfungsi sebagai antioksidan primer. Dengan demikian senyawa bioaktif dalam daun beluntas lebih potensial sebagai donor elektron dibandingkan donor atom hidrogen, sebaliknya senyawa bioaktif dalam kelopak bunga rosella lebih potensi sebagai donor atom hidrogen. Namun demikian peningkatan kemampuan mereduksi ion besi (FRAP) seiring dengan kemampuan menangkal radikal bebas DPPH, hal ini dibuktikan dengan korelasi Pearson yang menunjukkan pengaruh yang kuat dan positif dengan nilai r sebesar 0,946 (Tabel 4). Lee et al. (2015) mengatakan bahwa kemampuan suatu

senyawa antioksidan sangat ditentukan oleh jenis, jumlah dan posisi gugus fungsi, struktur molekul, konformasi, *steric hindrance*, dan keberadaan ion logam dalam struktur molekul yang menentukan sifat fisikokimia, salah satunya kelarutan.

Evaluasi sensori

Hasil pengujian sensori air seduhan minuman herbal pada berbagai proporsi ditunjukkan pada Tabel 5. Data menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis terhadap warna air seduhan minuman herbal meningkat secara signifikan dengan meningkatnya proporsi kelopak bunga rosella ($\alpha=0,05$). Nilai rata-rata kesukaan terhadap warna berkisar antara 1,76 hingga 5,74 (sangat tidak suka hingga sangat suka). Hal ini menunjukkan bahwa panelis lebih menyukai air seduhan yang berwarna merah karena keberadaan senyawa antioksidan, terutama delphinidin dari kelopak bunga rosella (Eveline et al. 2014). Tingkat kesukaan panelis juga seiring dengan hasil uji warna yang menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi kelopak bunga rosella meningkatkan nilai a^* dan menurunkan nilai L^* dan b^* . Berdasarkan nilai $^{\circ}h$ diperoleh informasi bahwa semakin tinggi proporsi kelopak bunga rosella menurunkan nilai $^{\circ}h$ sehingga diperoleh air seduhan minuman herbal berwarna merah dengan kisaran nilai antara 18° hingga 54° (Hutchings 1999).

Tingkat kesukaan panelis terhadap rasa air seduhan minuman herbal mengalami perubahan signifikan dengan perbedaan proporsi kelopak bunga rosella ($\alpha=0,05$). Nilai rata-rata kesukaan terhadap rasa berkisar antara 1,66 hingga 5,69 (tidak suka hingga agak suka). Tingkat kesukaan panelis terhadap rasa cenderung mengalami kenaikan dan selanjutnya turun seiring peningkatan proporsi kelopak bunga rosella yang

ditambahkan. Perubahan ini disebabkan semakin tinggi proporsi kelopak bunga rosella menurunkan nilai pH air seduhan dan meningkatkan total asam. Rasa asam dari kelopak bunga rosella dikontribusi oleh asam askorbat dengan kadar sebesar $10,74 \pm 0,14$ mg/g (Purbowati and Maksu 2019), asam sitrat, asam glikolik, asam malat, asam hibiscin, asam oksalat, dan asam tartrat (Ali et al. 2013). Sedangkan asam organik dalam daun beluntas meliputi asam askorbat, asam klorogenat, asam ferulat dan asam kafeat (Suriyaphan 2014). Selain itu daun beluntas dapat menghasilkan sensasi sepat karena adanya senyawa tanin dan rasa pahit karena adanya alkaloid (Ashok and Upadhyaya 2012). Dengan demikian minuman herbal pada proporsi daun beluntas 60 (% b/b) dan kelopak bunga rosella 40% menghasilkan rasa yang paling disukai karena menghasilkan rasa kombinasi antara pahit dan asam serta sensasi getir.

Kesukaan panelis terhadap aroma air seduhan minuman herbal meningkat signifikan dengan meningkatnya proporsi kelopak bunga rosella hingga 60 (% b/b), selanjutnya berkurang pada proporsi > 60 (% b/b) ($\alpha=0,05$). Nilai rata-rata kesukaan terhadap aroma berkisar antara 1,76 hingga 5,74 (tidak suka hingga agak suka). Daun beluntas dan bunga rosella memiliki aroma khas yang disebabkan oleh senyawa aromatis volatil kelompok terpen, seperti : boehmeril asetat, HOP-17 (21)-en β -asetat, linaloil glukosida, linaloil apiosil glukosida, plusheosida C, cuauhtermone, 3-(2'-3'-diasetoksi-2'-metil-butiril), plucheol A, plucheol B, plucheosida A, plucheosida B, plucheosida E, pterocarptriol, seskuiterpen, monoterpen, dan triterpen (Widyawati et al. 2013). Sedangkan senyawa yang memberikan aroma khas rosella adalah senyawa fulfural dan 5-metil- furfural yang bersifat volatil (Tensiska et al. 2018).

Hasil uji pembobotan pada Tabel 5. diperoleh informasi bahwa perlakuan terbaik air seduhan minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella adalah proporsi 40:60 (% b/b) dengan total skor sebesar 0,83, yang didasarkan pada urutan pembobotan dari ketiga (3) parameter uji, yang meliputi : rasa dengan bobot 0,37, warna dengan bobot 0,33 dan aroma sebagai parameter terakhir dengan bobot 0,29.

Minuman herbal daun beluntas kelopak bunga rosella yang mempunyai tingkat penerimaan panelis tertinggi adalah proporsi

40:60 (%b/b) dengan karakteristik fisikokimia yang dimiliki pH $3,19 \pm 0,12$, total asam $2,06 \pm 0,08$ %, kekeruhan $643,00 \pm 9,35$ NTU, L^* $3,05 \pm 0,17$, a^* $2,63 \pm 0,19$, b^* $1,65 \pm 0,06$, C $3,10 \pm 0,18$, dan $^{\circ}h$ $34,43 \pm 0,26$. Kadar senyawa bioaktif meliputi TPC $0,062 \pm 0,004$ (mg EAG/g sampel bk), TFC $0,027 \pm 0,004$ (mg EC/g sampel bk), TTC $0,066 \pm 0,004$ (mg EAT/g sampel bk), aktivitas antioksidan meliputi DPPH $0,025 \pm 0,006$ (mg EAG/g sampel bk), dan FRAP $0,016 \pm 0,003$ (mg EAG/g sampel bk). Skor tingkat kesukaan panelis terhadap warna $5,69 \pm 1,05$, rasa $4,48 \pm 1,06$, dan aroma $5,74 \pm 1,02$.

KESIMPULAN

Perbedaan proporsi daun beluntas kelopak bunga rosella dalam minuman herbal berpengaruh nyata terhadap sifat fisikokimia, kadar senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan, dan sifat sensori. Penggunaan proporsi bubuk daun beluntas dan kelopak bunga rosella 40: 60 (%b/b) dapat memperbaiki kualitas fisikokimia dan meningkatkan penerimaan sensori oleh panelis berdasarkan uji pembobotan dengan total skor sebesar 0,83. Sifat fisikomia air seduhan minuman herbal yang dihasilkan adalah keruh, asam dan berwarna merah. Kadar senyawa bioaktif yang dimiliki pada perlakuan terbaik TPC $0,062 \pm 0,004$ (mg EAG/g sampel bk), TFC $0,027 \pm 0,004$ (mg EC/g sampel bk), TTC $0,066 \pm 0,004$ (mg EAT/g sampel bk), aktivitas antioksidan pada perlakuan terbaik DPPH $0,025 \pm 0,006$ (mg EAG/g sampel bk), dan FRAP $0,016 \pm 0,003$ (mg EAG/g sampel bk). Skor tingkat kesukaan panelis terhadap air seduhan minuman herbal pada perlakuan terbaik untuk atribut warna sebesar $5,69 \pm 1,05$ dengan kategori suka, rasa sebesar $4,48 \pm 1,06$ dengan kategori agak suka, dan aroma sebesar $5,74 \pm 1,02$ dengan kategori suka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian Pangan dan Gizi, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas penyediaan dana penelitian melalui Pusat Penelitian Pangan dan Gizi Grant (PPP Grant 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D. R., F. P. Wefiani, and K. Patricia. 2022. Karakterisasi Serat Pangan, Kapasitas Pengikatan Air dan Kemampuan Emulsifikasi Biji Selasih dan Chia. *Jurnal*

- Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality* 8(2):63–69.
- Adusei, S. 2020. Bioactive Compounds and Antioxidant Evaluation of Methanolic Extract of Hibiscus Sabdariffa. *IPTEK The Journal for Technology and Science* 31(2):139.
- Ali, F., F. Ferawati, and Ri. Arqomah. 2013. Ekstraksi zat warna dari kelopak bunga rosella (study pengaruh konsentrasi asam asetat dan asam sitrat). *Jurnal Teknik Kimia* 19(1).
- Ali, L., S. Khan, M. Nazir, N. Raiz, S. Naz, G. Zengin, M. Mukhtar, S. Parveen, N. Shazmeen, M. Saleem, and R. B. Tareen. 2021. Chemical profiling, in vitro biological activities and Pearson correlation between phenolic contents and antioxidant activities of Caragana brachyantha Rech.f. *South African Journal of Botany* 140:189–193.
- Amanto, B. S., T. N. Aprilia, and A. Nursiwi. 2020. PENGARUH LAMA BLANCHING DAN RUMUS PETIKAN DAUN TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK, KIMIA, SERTA SENSORIS TEH DAUN TIN (Ficus carica). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 12(1):1.
- AOAC. 2005. *Method of Analysis. Assosiation of Official Analytical Chemistry*. Gaithersburg, Maryland.
- Ashok, P. K., and K. Upadhyaya. 2012. Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 1(3).
- Belitz, H. D., W. Grosch, and P. Schieberle. 2009. *Food Chemistry*. 4th edition. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Anggraeni, O. C., P. S. Widyawati, and T. D. W. Budianta. 2016. PENGARUH KONSENTRASI MADU TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA DAN SIFAT ORGANOLEPTIK MINUMAN BELUNTAS-TEH HITAM DENGAN PERBANDINGAN 25:75% (B/B). *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi* 15(1).
- Chan, E. W. C., Y. K. Ng, S. K. Wong, and H. T. Chan. 2022. Pluchea indica: An updated review of its botany, uses, bioactive compounds and pharmacological properties. *Pharmaceutical Sciences Asia* 49(1):77–85.
- Chandrasekara, A., and F. Shahidi. 2018. Herbal beverages: Bioactive compounds and their role in disease risk reduction - A review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 8(4):451–458.
- Okereke, Cn., M. Chukwuma, F. Iroka, and M. Chukwuma. 2015. Phytochemical analysis and medicinal uses of Hibiscus sabdariffa. *International Journal of Herbal Medicine* 2(6):16–19.
- Da-Costa-Rocha, I., B. Bonnlaender, H. Sievers, I. Pischel, and M. Heinrich. 2014. Hibiscus sabdariffa L. – A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry* 165:424–443.
- Eveline, E., A. H. Cahyana, and J. R. Widjojo. 2014. Pengaruh Jenis Ampas Rosella (Hibiscus sabdariffa L.) Dan Metode Hidrolisis Terhadap Komponen Pangan Fungsional. Page *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*.
- Fitriarni, D., E. Eko Rifkowsaty, M. Martanto, N. Verawaty, and D. Purwanto. 2022. Kadar Fenol Dan Antidiabetes Minuman Fungsional Kombinasi Teh Hitam Dan Singkil (Premna serratolia). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 22(3):267–278.
- Gao, X., D. Zhu, Y. Liu, L. Zha, D. Chen, and H. Guo. 2019. Physicochemical properties and anthocyanin bioaccessibility of downy rose-myrtle powder prepared by superfine grinding. *International Journal of Food Properties* 22(1):2022–2032.
- González-Peña, M. A., A. E. Ortega-Regules, C. Anaya de Parrodi, and J. D. Lozada-Ramírez. 2023. Chemistry, Occurrence, Properties, Applications, and Encapsulation of Carotenoids—A Review. *Plants* 12(2):313.
- Hutchings, J. B. 1999. *Food Color and Apperance*. 2nd edition. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland.
- Intar, E., P. S. Widyawati, T. Dwi, and W. Budianta. 2016. PENGARUH PENAMBAHAN MADU TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN MINUMAN BELUNTAS-TEH HITAM DENGAN PERBANDINGAN 25:75% (B/B). *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi* 15(1):13–18.
- Jan, S., M. R. Khan, U. Rashid, and J. Bokhari. 2013. Assessment of Antioxidant Potential,

- Total Phenolics and Flavonoids of Different Solvent Fractions of *Monothecha Buxifolia* Fruit. *Osong Public Health and Research Perspectives* 4(5):246–254.
- Lee, C. Y., C. N. Nanah, R. A. Held, A. R. Clark, U. G. T. Huynh, M. C. Maraskine, R. L. Uzarski, J. McCracken, and A. Sharma. 2015. Effect of electron donating groups on polyphenol-based antioxidant dendrimers. *Biochimie* 111:125–134.
- Li, X., T. Wang, B. Zhou, W. Gao, J. Cao, and L. Huang. 2014. Chemical composition and antioxidant and anti-inflammatory potential of peels and flesh from 10 different pear varieties (*Pyrus* spp.). *Food Chemistry* 152:531–538.
- Maesaroh, K., D. Kurnia, and J. Al Anshori. 2018. Perbandingan Metode Uji Aktivitas Antioksidan DPPH, FRAP dan FIC Terhadap Asam Askorbat, Asam Galat dan Kuersetin. *Chimica et Natura Acta* 6(2):93.
- Nayaka, N. M. D. M. W., E. Cahyaningsih, M. M. V. Sasadara, P. E. S. K. Yuda, and F. R. Indriani. 2023. Total Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Different Polarity Extracts from *Pereskia bleo* Leaves. *Jurnal Ilmiah Medicamento* 9(2):137–141.
- Nugroho, W. T., M. F. Kurnianto, M. J. Wibowo, A. Brilliantina, and B. Hariono. 2020. Chemical and Sensory Characteristics of Dried Noodles with Addition of Telang Flower Extract (*Clitoria ternatea* L). *Food and Agricultural Sciences: Polije Proceedings Series* 3(1):96–102.
- Padayappa, M., A. Senthikumar, M. Moorthi, and A. Thangaraj. 2021. Analysis of phytochemical properties, DPPH and FRAP assay of antioxidant activities of *Acalypha Indica* L. . *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH* 9(12):31–34.
- Poli, A. R., D. G. Katja, and H. F. Aritonang. 2022. POTENSI ANTIOKSIDAN EKSTRAK DARI KULIT BIJI MATOA (*Pometia pinnata* J. R & G. Forst). *CHEMISTRY PROGRESS* 15(1).
- Pramesti, D. S., and S. I. Puspikawati. 2020. ANALISIS Uji KEKERUHAN AIR MINUM DALAM KEMASAN YANG BEREDAR DI KABUPATEN BANYUWANGI. *PREVENTIF: JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT* 11(2):75–85.
- Pratama, M., R. Razak, and V. S. Rosalina. 2019. ANALISIS KADAR TANIN TOTAL EKSTRAK ETANOL BUNGA CENGKEH (*Syzygium aromaticum* L.) MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia* 6(2):368–373.
- Pratiwi, A., N. Y. Kandowangko, and J. Ahmad. 2021. ANALISIS KANDUNGAN ANTIOKSIDAN DARI TEH HERBAL SURUHAN (*Peperomia pellucid*) SEGAR DAN KERING. *Jambura Journal of Chemistry* 3(1):12–15.
- Purbowati, I. S. M., and A. Maksum. 2019. The antioxidant activity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linii) phenolic compounds in different variations microwave-assisted extraction time and power. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 406(1):012005.
- Rahman, Md. M., Md. B. Islam, M. Biswas, and A. H. M. Khurshid Alam. 2015. In vitro antioxidant and free radical scavenging activity of different parts of *Tabebuia pallida* growing in Bangladesh. *BMC Research Notes* 8(1):621.
- Rekha, C., G. Poornima, M. Manasa, V. Abhipsa, J. P. Devi, H. T. V. Kumar, and T. R. P. Kekuda. 2012. Ascorbic Acid, Total Phenol Content and Antioxidant Activity of Fresh Juices of Four Ripe and Unripe Citrus Fruits. *Chemical Science Transactions* 1(2):303–310.
- Riaz, G., and R. Chopra. 2018. A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa* L. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 102:575–586.
- Septiana, A., I. Indrawati, and R. Rustin. 2014. Analisis Kadar Alkaloid dan Tanin Tumbuhan Beluntas (*Pluchea indica* Less.) pada Lahan Salin di Desa Asingi Kecamatan Tinanggea dan Non Salin di Desa Lambodijaya Kecamatan Lalembuu Sulawesi Tenggara. *Biowallacea* 1(2):82–89.
- Styawan, A. A., A. Putri, and R. Ramadhani Nur Cholifa. 2021. Analisis Kadar Tanin Dari Kelopak Bunga Rosella Merah (*Hibiscus Sabdariffa*, L.) Secara Permanganometri. *Urecol Journal. Part D: Applied Sciences* 1(1):1–8.

- Suhendy, H. 2021. FORMULASI DAN EVALUASI MINUMAN HERBAL ANTIOKSIDAN JAHE MERAH (*Zingiber officinale* Rosc. var. *rubrum*). *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa* 4(2):79–86.
- Suriyaphan, O. 2014. Nutrition, Health Benefits and Applications of *Pluchea indica* (L.) Less Leaves. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences* 41(4):1–10.
- Susetyarini, R. E. 2013. AKTIVITAS TANIN DAUN BELUNTAS TERHADAP KONSENTRASI SPERMATOZOA TIKUS PUTIH JANTAN. *Jurnal Gamma* 8(2):14–20.
- Syarif, S., R. Kosman, and N. Inayah. 2015. UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN TERONG BELANDA (*Solanum betaceum* Cav.) DENGAN METODE FRAP. *As-Syifaa* 07(01):26–33.
- Tensiska, T., D. M. Sumanti, and V. H. Sari. 2018. Pemanfaatan Kulit Lidah Buaya (*Aloe vera* Linn.) dan Bunga Rosela (*Hibiscus Sabdariffa* Linn.) dalam Pembuatan Minuman Herbal. *Jurnal Penelitian Pangan (Indonesian Journal of Food Research)* 2(1).
- Wahyuni, N. M. S., L. P. Wrsiati, and A. Hartiati. 2021. ANALISIS KORELASI ANTARA KANDUNGAN SENYAWA BIOAKTIF DENGAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA EKSTRAK DAUN BAMBURI (*Bambusa blumeana*). *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 15(4):1062–1070.
- Wang, Z., C. J. Barrow, F. R. Dunshea, and H. A. R. Suleria. 2021. A Comparative Investigation on Phenolic Composition, Characterization and Antioxidant Potentials of Five Different Australian Grown Pear Varieties. *Antioxidants* 10(2):151.
- Widyawati, P. S., T. D. W. Budianta, F. A. Kusuma, and E. L. Wijaya. 2014. Difference of Solvent Polarity To Phytochemical Content and Antioxidant Activity of *Pluchea indica* Less Leaves Extracts. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 6(4):850–855.
- Widyawati, P. S., T. D. W. Budianta, A. R. Utomo, and I. Harianto. 2016. The Physicochemical and antioxidant properties of *Pluchea indica* Less drink in tea bag packaging. *International Journal of Food and Nutritional Sciences* 5(3):113–120.
- Widyawati, P. S., T. D. W. Budianta, Y. D. W. Werdani, and M. O. Halim. 2018. Aktivitas Antioksidan Minuman Daun Beluntas Teh Hitam (*Pluchea indica* Less-Camelia sinensis). *Agritech* 38(2):200.
- Widyawati, P. S., T. I. P. Suseno, F. Ivana, E. Natania, and S. Wangtueai. 2024. Effect of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) flower extract on qualities, sensory properties, and antioxidant activity of wet noodles with various composite flour proportions. *Beverage Plant Research* 4(1):0–0.
- Widyawati, P. S., T. I. P. Suseno, A. I. Widjaseputra, T. E. W. Widyastuti, V. W. Moeljadi, and S. Tandiono. 2022. The Effect of κ -Carrageenan Proportion and Hot Water Extract of the *Pluchea indica* Less Leaf Tea on the Quality and Sensory Properties of Stink Lily (*Amorphophallus muelleri*) Wet Noodles. *Molecules* 27(16):5062.
- Widyawati, P. S., T. I. P. Suseno, T. L. Willianto, C. Yohanita, and T. A. Wulandari. 2020. EFFECT OF LEMON (CITRUS LIMON L.) ADDITION TO *Pluchea indica* Less BEVERAGE. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*:125–139.
- Widyawati, P. S., A. R. Utomo, T. W. Nainggolan, and E. Julianti. 2023. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Identifikasi Mikroflora pada Teh Herbal Daun Beluntas (*Pluchea indica* Less). *Warta Industri Hasil Pertanian* 40(2):73–80.
- Widyawati, P. S., Y. D. W. Werdani, and C. Setiokusumo. 2017. IN VITRO ANTIOXIDANT CAPACITIES AND ANTIDIABETIC PROPERTIES OF *PLUCHEA* LEAVES AND GREEN TEA MIXTURES AT VARIOUS PROPORTIONS. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 9(8):203.
- Widyawati, P. S., C. H. Wijaya, P. S. Hardjosworo, and D. Sajuthi. 2011. EVALUASI AKTIVITAS ANTIOKSIDATIF EKSTRAK DAUN BELUNTAS (*Pluchea indica*) BERDASARKAN PERBEDAAN RUAS

- DAUN. *Rekapangan: Jurnal Teknologi Pangan* 5:1–14.
- Widyawati, P. S., C. H. Wijaya, P. S. Hardjosworo, and D. Sajuthi. 2013. Volatile Compounds of *Pluchea indica* Less and *Ocimum basilicum* Linn Essential Oil and Potency as Antioxidant. *HAYATI Journal of Biosciences* 20(3):117–126.
- Yu, X., and Y. He. 2022. Relationship between the turbidity difference and the grade of green tea under Ca^{2+} acceleration: A preliminary study. *Food Science & Nutrition* 10(11):3772–3780.