

Sifat Fisikokimia, Antioksidan, dan Sensori Infusa Herbal Daun Beluntas (*Pluchea indica* Less) dengan Penambahan Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam)

Physicochemical, Antioxidant, and Sensory Properties of Herbal Infusion of Pluchea indica Less Leaf with Moringa oleifera Lam Leaf Addition

Paini Sri Widyawati*, Thomas Indarto Putut Suseno, Tarsisius Dwi Wibawa Budianta, Gabriella Natasha Dyancandra, Ignasius Pamudji Anggaraksa Nayottama
Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jalan Dinoyo 42-44 Surabaya 60265, Jawa Timur, Indonesia
*Korespondensi Penulis: paini@ukwms.ac.id

Submisi: 23 Agustus 2024, Revisi: 25 September 2024, Diterima (Accepted): 30 Desember 2024

ABSTRACT

Pluchea (Pluchea indica Less) leaf powder about 2 grams that was brewed in hot water at 95°C for 5 minutes resulted in herbal infusion with the highest panelist acceptance but low antioxidant activity compared to the other proportions in previous research. So that, it is necessary to add other herbs to increase antioxidant activity, i.e. moringa (Moringa oleifera Lam). This research aimed to determine the effect of moringa (Moringa oleifera Lam) leaves powder proportion to physicochemical, antioxidant, and sensory properties on pluchea (Pluchea indica Less) leaf powder infusion. The design of the research was a randomized block design (RBD) with a single factor, i.e. the proportions of pluchea and moringa leaves powder consisting of 7 treatment levels [100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, and 40:60 (% w/w) respectively]. The result showed that the proportion of moringa leaves powder significantly influenced the physicochemical and sensory properties of infusion. The higher proportion of pluchea leaf powder caused the increasing of moisture content, pH, lightness (L), redness (a*), yellowness (b*), hue (oh), and chroma (C), but the decreasing of total acid and turbidity of pluchea leaf powder infusion. The improvement of pluchea leaf powder proportion significantly reacted on the bioactive compounds and antioxidant activities. The highest of the bioactive compounds and antioxidant activities were had of pluchea leaves powder infusion at 100:0 (%w/w) proportion of moringa leaves. Based on sensory analysis, the best treatment of pluchea leaf powder infusion was obtained at pluchea and moringa leaves proportion at 90:10 (%w/w) with 1.04 score. In the future, this formulation can be used as an alternative of herbal drink.*

Keywords: infusion, leaf powder, physicochemical, *Pluchea indica* less, sensory

PENDAHULUAN

Infusa beluntas telah dikenal oleh masyarakat sebagai minuman fungsional karena mengandung sejumlah senyawa

bioaktif (Widyawati *et al.*, 2016, Ruan *et al.*, 2019; Chan *et al.*, 2022) sehingga memiliki beberapa aktivitas biologis seperti antioksidan (Widyawati *et al.*, 2016),



Jurnal Agroteknologi is open access article licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

How to cite: Widyawati, P.S., Suseno, T.I.P., Budianta, T.D.W., Dyancandra, G.N., & Nayottama, I.P.A. (2024). Sifat fisikokimia, antioksidan, dan sensori infusa herbal daun beluntas (*Pluchea indica* Less) dengan penambahan daun kelor (*Moringa oleifera* Lam). *J. Agroteknologi*, 18(2), 140–157. DOI: 10.19184/j-agt.v18i2.46673

antihiperglikemik (Werdani & Widyawati *et al.*, 2018), antikanker (Suriyaphan, 2014), dan antiinflamasi (Apriliyani *et al.*, 2021).

Infusa (seduhan) daun beluntas dibuat dengan cara mengeringkan daun beluntas pada ruas 1–6 dari pucuk sebagai bahan baku (Widyawati *et al.*, 2011) pada suhu kamar selama 7 hari, selanjutnya dilakukan pembubukan dan pengemasan dalam kemasan teh celup (*tea bag*) sebanyak 2 g dan diseduh pada suhu 95°C selama 5 menit (Widyawati *et al.*, 2016). Infusa herbal daun beluntas dalam *tea bag* 2 g yang diseduh dengan air panas suhu 95°C selama 5 menit sebanyak 100 mL memiliki sifat fisikokimia (kekeruhan, pH, total asam, warna) dan antioksidan paling rendah dibandingkan dengan daun beluntas yang dikemas sebanyak 0,4; 0,8; 1,2; dan 1,6 g dalam *tea bag* (Widyawati *et al.*, 2016), namun infusa tersebut memiliki sifat sensoris yang paling disukai oleh panelis. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencarian tanaman lain yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisikokimia dan antioksidan infusa daun beluntas, salah satunya daun kelor.

Daun kelor (*Moringa oleifera* Lam) adalah kelompok *Moringaceae*, dimanfaatkan sebagai sayur dan obat tradisional oleh masyarakat (Britany & Sumarni, 2020). Daun kelor kaya nutrisi dan mengandung sejumlah senyawa bioaktif yang bermanfaat untuk kesehatan (Zaku *et al.*, 2015). Daun kelor mengandung kalsium, zat besi, fosfor, kalium, seng, protein, vitamin A, B, C, D, E, dan K, asam folat, dan biotin (Wicaksono *et al.*, 2020), senyawa bioaktif seperti asam askorbat, karotenoid, asam galat, asam klorogenat, asam ellagat, asam ferulat, kaempferol, kuersetin, vanilin, dan

isoramnethin (Wangcharoen & Gomolmanee, 2011).

Pencampuran (*blended*) daun kelor pada berbagai proporsi diharapkan dapat menghasilkan infusa (seduhan) daun beluntas sehingga dapat meningkatkan sifat fisikokimia, antioksidan, dan sensorinya. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proporsi daun kelor (*Moringa oleifera* Lam) terhadap sifat fisikokimia, antioksidan, dan sensori pada infusa daun beluntas (*Pluchea indica* Less). Melalui penelitian ini, potensi infusa tersebut dapat menjadi produk diversifikasi minuman, khususnya minuman herbal karena mengandung senyawa bioaktif sehingga baik untuk kesehatan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat untuk pembuatan infusa daun beluntas-kelor yang digunakan yaitu *chopper* (Philips), baskom (Lion star), ayakan 45 mesh (Ramedo Teknik), sendok *stainless steel*, oven drying (Venticell), loyang bahan aluminium (ukuran 30×25×2 cm), neraca analitik (Mettler Toledo), *sealer* (Home Appliance Surabaya), kompor (Rinai), panci *stainless steel* (Jo Houseware), dan seperangkat alat gelas (Duran dan Pyrex). Alat untuk analisis produk yang dihasilkan yaitu neraca analitik (Mettler Toledo), oven vakum (Binder), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV 1800 Pharmaspee), turbidimeter (Orbeco-Hellige 966-IR), pH meter (Schott instruments Lab 850), penangas air (Faithfull), eksikator (RRT), dan *color reader* (Minolta CR-10).

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan infusa meliputi daun beluntas diperoleh dari kebun daerah Mangrove,

Wonorejo, Surabaya. Kriteria daun beluntas sesuai dengan *database Global Biodiversity Information Facility* (2021). Daun beluntas yang digunakan ruas 1–6 dari pucuk (Widyawati *et al.*, 2011). Daun kelor diperoleh dari kebun di daerah Gubeng, Surabaya dengan kriteria sesuai *database Global Biodiversity Information Facility* (2021) yaitu daun kelor muda pada tangkai pucuk hingga ke tangkai 5 (warna daun hijau muda). Selain itu, bahan lain yaitu air minum dalam kemasan (pH 7,4) dan kantong teh (*tea bag*) ukuran 3,7×1,3×4,7 cm.

Bahan yang digunakan adalah air minum dalam kemasan (AMDK), sedangkan bahan kimia untuk analisis produk yaitu 2,2-difenil-1-pikrilhidrasil (DPPH) dan (+)-katekin (Sigma Aldrich), metanol, natrium hidroksida, besi klorida, *folin-ciocalteu*, asam galat, natrium karbonat, asam oksalat, fenolptalein (pp), natrium nitrit, alumunium klorida, natrium dihidrogen fosfat, natrium fosfat monobasis, natrium fosfat dibasis, dan kalium ferrisianida (Merck), aquades, dan aquabides.

Tahapan Penelitian

Preparasi Infusa Herbal Bubuk Daun Beluntas (Widyawati *et al.*, 2016)

Pembuatan minuman fungsional daun beluntas dilakukan dengan menyortasi daun beluntas segar dari ruas 1–6 dari pucuk (Widyawati *et al.*, 2011), lalu daun terpilih dicuci dan ditiriskan. Selanjutnya daun beluntas dikeringanginkan pada suhu kamar hingga diperoleh kadar air sebesar 7,17%. Daun kelor yang digunakan adalah daun muda segar yang dipetik dari kebun setempat, selanjutnya dicuci dan dikeringanginkan di suhu kamar sampai kadar air sebesar 3,92%.

Daun beluntas dan daun kelor kering dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ayakan 45 mesh. Bubuk daun tersebut dicampur pada beberapa proporsi perbandingan bubuk daun beluntas dan daun kelor yaitu 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, dan 40:60 (%). Bubuk daun beluntas-kelor disebut sebagai sediaan kering. Setiap sediaan daun beluntas diukur kadar airnya sebagai dasar perhitungan kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan, selanjutnya diseduh dengan air minum dalam kemasan (AMDK) sebanyak 100 mL pada suhu 95°C selama 5 menit dan dianalisis sifat fisikokimia dan sensorinya. Dalam hal ini, hasil dari seduhan disebut sebagai infusa.

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK), satu faktor yaitu proporsi daun beluntas dan daun kelor dengan 7 taraf yaitu 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, dan 40:60 (%). Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali.

Metode Analisis

Infusa herbal bubuk daun beluntas-kelor dianalisis sifat fisik, yang meliputi warna dengan alat Chroma meter (Cr-20, Minolta, Japan) (Made *et al.*, 2022), kekeruhan dengan turbidimeter (TB1-Turbidimeter, Velp Scientifica, Italia), nilai kekeruhan dinyatakan dalam *nephelometric turbidity unit* (NTU) (Omar *et al.*, 2009), sifat kimia yang meliputi kadar air dengan metode gravimetri dengan oven vakum (AOAC, 2005), total asam dengan metode titrimeter (AOAC, 2005), pH dengan pH-meter (AOAC, 2005), kandungan senyawa bioaktif yang meliputi analisis total fenol (TPC) dengan metode *folin ciocalteu*

(Widyawati *et al.*, 2016), analisis total flavonoid (TFC) dengan metode aluminium klorida (Widyawati *et al.*, 2018), analisis total tanin (TTC) dengan metode *folin ciocalteu* (Srimoon, 2018), analisis aktivitas antioksidan yang meliputi analisis kemampuan menangkal radikal bebas DPPH (DPPH) (Huang & Lee, 2023), dan analisis kemampuan mereduksi ion besi (FRAP) (Widyawati *et al.*, 2022), serta analisis sensori yang meliputi rasa, warna, dan aroma yang dilanjutkan uji pembobotan (Setyaningsih *et al.*, 2010; DeGarmo, 1984).

Analisis Data

Data dianalisis dan ditentukan homogenitasnya, kemudian dinyatakan sebagai rata-rata $\pm$ standar deviasi. Analisis *one-way analysis of variance* (ANOVA) pada $\alpha = 5\%$ digunakan untuk menentukan perbedaan antar perlakuan, selanjutnya diuji dengan DMRT (*Duncan Method Range Test*) pada $\alpha = 0,05$ untuk mengetahui besarnya perbedaan nyata antar perlakuan. Analisis *Pearson correlation* dilakukan untuk menunjukkan korelasi atau keeratan hubungan antara TPC, TFC, DPPH, dan FRAP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

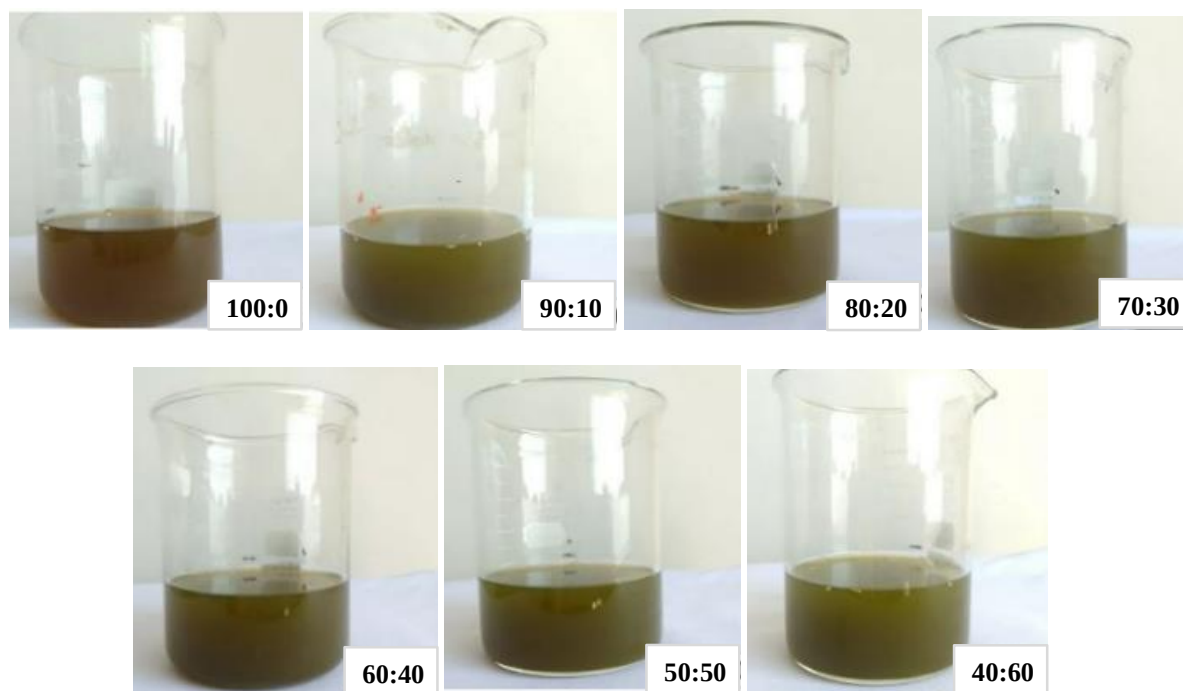
Kadar Air Infusi (Sediaan Kering) Daun Beluntas-Kelor

Kenampakan infusa herbal bubuk daun beluntas-kelor pada berbagai perlakuan tersaji pada **Gambar 1**. Kadar air sediaan herbal bubuk daun beluntas daun kelor ditunjukkan pada **Tabel 1**. Perbedaan proporsi bubuk daun beluntas dan kelor berpengaruh nyata terhadap kadar air sediaan herbal, yang berkisar antara $4,33 \pm 0,50$ hingga $7,12 \pm 0,15\%$ (berat

kering). Semakin besar proporsi bubuk daun kelor yang digunakan dalam pembuatan sediaan herbal menyebabkan kadar air semakin rendah.

Kadar air tertinggi dimiliki oleh infusa herbal dengan proporsi bubuk daun beluntas daun kelor 100:0%, yaitu sebesar $7,12 \pm 0,15\%$ (berat kering) dan kadar air terendah dimiliki oleh sediaan herbal dengan proporsi 40:60% sebesar $4,33 \pm 0,50\%$ (berat kering). Perbedaan kadar air pada setiap sampel infusa herbal disebabkan perbedaan kadar air kedua bubuk bahan awal. Kadar air bubuk daun beluntas sebesar 7,12% (berat kering) dan bubuk daun kelor sebesar 3,92% (berat kering). Berdasarkan penelitian sebelumnya, kadar air daun beluntas sebesar 14,29% (berat kering) (Widyawati *et al.*, 2011) dan sekitar 15,06–16,72% (berat kering) (Widyawati *et al.*, 2014), sedangkan kadar air daun kelor berkisar antara 4,09–6,90% (berat kering) (Adriana, 2019) dan 7–8% (berat kering) (Paramita *et al.*, 2021). Kadar air mengukur jumlah air bebas dan air terikat lemah yang terdapat dalam sampel, yang ditentukan oleh perbedaan komponen kimia seperti protein, karbohidrat, dan serat. Kadar serat daun beluntas sebesar 14,77–15,80% (Rukmiarsih, 2011) dan daun kelor sebesar 12,63% (Aminah *et al.*, 2015).

Serat berperan penting dalam penyerapan air karena peran serta gugus hidroksil pada serat yang mampu berinteraksi melalui ikatan hidrogen dengan molekul air. Kadar protein daun kelor sebesar 6,7% (berat basah) (Paramita *et al.*, 2021), sedangkan kadar protein dalam daun beluntas sebesar 1,79 g/100 g (berat basah) (Suriyaphan, 2014).



Gambar 1. Kenampakan infusa herbal bubuk daun beluntas dan kelor pada berbagai proporsi berturut-turut yaitu 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, dan 40:60 (%)

Tabel 1. Kadar air sediaan, total asam, pH, kekeruhan infusa herbal daun beluntas dan kelor pada berbagai proporsi

Proporsi bubuk daun beluntas dan bubuk daun kelor (%)	Kadar air (% berat kering)	Total asam (mg asam askorbat/100 mL)	pH	Kekeruhan (NTU)
100:0	$7,12 \pm 0,15^f$	$0,165 \pm 0,002^a$	$7,23 \pm 0,13^e$	$140 \pm 5,48^a$
90:10	$6,68 \pm 0,33^e$	$0,169 \pm 0,002^b$	$7,05 \pm 0,17^d$	$231 \pm 3,30^b$
80:20	$6,16 \pm 0,31^d$	$0,175 \pm 0,002^c$	$6,97 \pm 0,21^d$	$291 \pm 20,81^c$
70:30	$5,91 \pm 0,11^{cd}$	$0,181 \pm 0,005^d$	$6,81 \pm 0,08^c$	$398 \pm 38,23^d$
60:40	$5,67 \pm 0,24^{bc}$	$0,186 \pm 0,004^e$	$6,71 \pm 0,09^{bc}$	$469 \pm 6,56^e$
50:50	$5,41 \pm 0,31^b$	$0,192 \pm 0,007^f$	$6,63 \pm 0,12^{ab}$	$524 \pm 8,88^f$
40:60	$4,33 \pm 0,50^a$	$0,200 \pm 0,007^g$	$6,56 \pm 0,14^a$	$598 \pm 5,26^g$

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan dalam tiap perlakuan ($\alpha = 0,05$), NTU = *nephelometric turbidity unit*

Perbedaan kadar air bahan pangan tergantung pada jenis, lama, dan suhu pengeringan seperti yang dijelaskan oleh Paramita *et al.* (2021) pada pengeringan daun kelor. Penentuan kadar air infusa (sediaan) herbal sangat penting dilakukan untuk menentukan kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan teh herbal, yang

tentunya memengaruhi tingkat penerimaan sensori. Menurut Paramita *et al.* (2021), kadar air bahan pangan juga dapat memprediksi umur simpan karena kadar air menjadi sarana terjadinya reaksi biologis seperti reaksi enzimatis. Menurut BSN (2016), kadar air teh hijau dan hitam celup sebesar maksimum 10%. Dengan demikian

kadar air bubuk infusa herbal daun beluntas dan kelor (4,33–7,12%) memenuhi persyaratan SNI 1902:2016 tersebut.

Total Asam Titrasi Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Total asam titrasi infusa herbal bubuk daun beluntas kelor ditunjukkan pada **Tabel 1**. Proporsi bubuk daun beluntas dan daun kelor menyebabkan pengaruh signifikan pada total asam titrasi pada $\alpha = 0,05$. Semakin tinggi proporsi bubuk daun kelor menyebabkan total asam titrasi semakin besar. Total asam titrasi pada infusa (seduhan) herbal daun beluntas-kelor berkisar antara 0,165–0,200 mg asam askorbat/100 mL.

Total asam titrasi tertinggi pada infusa herbal proporsi bubuk daun beluntas-kelor 40:60% sebesar 0,200 mg asam askorbat/100 mL dan terendah pada infusa herbal proporsi bubuk daun beluntas-kelor 100:0% sebesar 0,165 mg asam askorbat/100 mL. Perbedaan total asam titrasi pada infusa herbal karena perbedaan komposisi asam-asam organik khususnya asam askorbat pada bahan. Daun kelor mengandung asam askorbat antara 0,097–0,325% (Saputri *et al.*, 2022), sedangkan daun beluntas mengandung vitamin C sebesar 30,17 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (Suriyaphan, 2014). Asam-asam organik lain dalam daun beluntas meliputi asam klorogenat, kafeat, dan ferulat masing-masing sebesar 28,48; 20,00; dan 8,65 mg/100 g (bb) (Suriyaphan, 2014; Widyawati *et al.*, 2022), sedangkan dalam daun kelor mengandung asam klorogenat, asam ferulat, asam galat, dan asam ellagat (Hassan *et al.*, 2021).

Nilai pH Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Infusa herbal bubuk daun beluntas kelor memiliki pH yang berbeda nyata dengan adanya perbedaan proporsi bubuk daun beluntas dan daun kelor pada $\alpha = 0,05$ (**Tabel 1**). Semakin tinggi proporsi daun kelor yang ditambahkan menyebabkan pH semakin rendah, dengan nilai berkisar antara 6,56–7,23. Penurunan nilai pH seiring dengan nilai total asam titrasi, semakin banyak kadar total asam titrasi menyebabkan pH minuman semakin rendah. Penurunan pH minuman herbal juga dikontibusi oleh keberadaan mineral yang terlarut dalam sampel. Mineral yang terdapat dalam daun kelor meliputi kalsium (3,45%), magnesium (0,66%), kalium (3,35%), klorida (0,25%), besi (147,20 mg/kg), natrium (152,52 mg/kg), seng (35,71 mg/kg), mangan (102,10 mg/kg), kromium (4,76 mg/kg), brom (4,82 mg/kg), kobalt (0,16 mg/kg), dan aluminium (150 mg/kg) (Mulyaningsih & Yusuf, 2018), sedangkan daun beluntas mengandung kalsium (251 mg/100 g) (Suriyaphan, 2014), kalsium (678,71 mg/100 g), magnesium (93,38 mg/100 g), natrium (198,11 mg/100 g) dan fosfor (29,84 mg/100 g) (Fitriani *et al.*, 2019).

Kekeruhan Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Kekeruhan infusa herbal bubuk daun beluntas kelor mengalami peningkatan secara nyata dengan bertambahnya proporsi daun kelor pada $\alpha = 0,05$ (**Tabel 1**). Nilai kekeruhan infusa herbal berkisar antara 140–598 NTU (*nephelometric turbidity unit*). Nilai kekeruhan tertinggi adalah infusa herbal dengan proporsi bubuk daun beluntas-kelor 40:60% sebesar 598 NTU dan terendah pada infusa herbal proporsi

bubuk daun beluntas-kelor 100:0 % sebesar 140 NTU. Kekeruhan terjadi karena keberadaan komponen kimia terlarut dalam air seduhan yang berkontribusi oleh asam organik, mineral, protein, karbohidrat, maupun metabolit sekunder. Nilai kekeruhan minuman berbanding lurus dengan nilai pH dan total asam tertitrasi. Semakin rendah pH berarti semakin banyak total asam tertitrasi sehingga menyebabkan kekeruhan infusa herbal semakin tinggi. Menurut Trisnawati *et al.* (2019), meningkatnya kekeruhan disebabkan oleh proses difusi yang berlangsung selama penyeduhan, yang berkontribusi oleh vitamin, zat padat yang berupa garam, mineral, anion, dan kation. Emilia & Mutiara (2019) menyebutkan bahwa kekeruhan suatu air minum disebabkan oleh banyak cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan organik dan anorganik yang terlarut.

Warna Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Infusa herbal bubuk daun beluntas kelor memiliki tingkat kecerahan (L^*), redness (a^*), dan yellowness (b^*) berkurang secara nyata seiring bertambahnya proporsi bubuk daun kelor pada $\alpha = 0,05$ (Tabel 2). Penurunan nilai L^* disebabkan bertambahnya tingkat kekeruhan infusa herbal seiring peningkatan proporsi bubuk daun kelor. Penurunan nilai L^* karena keberadaan senyawa organik maupun anorganik terlarut, yang juga berhubungan dengan berkurangnya nilai b^* . Widyawati *et al.* (2023) menginformasikan bahwa warna suatu produk sangat ditentukan oleh interaksi komponen kimia yang terkandung dalam bahan-bahan yang terlibat dalam pembuatan produk tersebut. Keberadaan

pigmen alami yang dapat terlarut dalam air juga memberikan kontribusi terhadap perubahan parameter warna produk. Suriyaphan (2014) menyebutkan bahwa dalam proses pembuatan infusa herbal yang melibatkan proses pengeringan menyebabkan terjadinya degradasi klorofil dan komponen kimia penghasil warna coklat. Apriliyani *et al.* (2021) juga mempertegas bahwa adanya proses pengeringan dapat memudahkan pigmen klorofil karena terputusnya ikatan antara unsur nitrogen dan magnesium pada cincin porfirin dan digantikan oleh unsur hidrogen sehingga menghasilkan feofitin yang berwarna hijau kecoklatan. Widyawati *et al.* (2018) menyebutkan bahwa daun beluntas mengandung senyawa tanin. Putra *et al.* (2016) juga menjelaskan bahwa daun kelor mengandung tanin. Widyawati *et al.* (2023) menjelaskan bahwa klorofil dan tanin dapat memberikan pengaruh terhadap parameter warna pada produk mi. Keberadaan senyawa tersebut berkontribusi terhadap nilai L^* , a^* , dan b^* . Penurunan nilai a^* dengan bertambahnya proporsi bubuk daun kelor disebabkan penambahan daun kelor memberikan warna hijau pada seduhan. Dellima *et al.* (2023) menemukan bahwa ekstrak etanol daun kelor mengandung klorofil sebanyak 8,087 mg/kg. Penurunan b^* diduga disebabkan oleh senyawa fitokimia terlarut, seperti kalkon, tanin, flavonoid, dan senyawa fenol lainnya (Widyawati *et al.*, 2016). Warna ($^{\circ}h$) minuman infusa yang diperoleh dalam kisaran yellow red (74,86–64,69) (Hutchings, 1999) dengan intensitas (C) semakin berkurang dari 11,04 menjadi 5,66. Hal ini berarti bertambahnya proporsi bubuk daun kelor meningkatkan warna red dan menurunkan warna yellow.

Total Fenolik (TPC) Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Total fenolik (TPC) infusa bubuk daun beluntas-kelor mengalami penurunan secara signifikan dengan bertambahnya proporsi bubuk daun kelor pada $\alpha = 0,05$ (Tabel 3). Total fenolik tertinggi yaitu infusa herbal dengan proporsi bubuk daun beluntas tertinggi (100:0%) sebesar 162,3 mg EAG/g (berat kering) dan terendah dimiliki oleh infusa herbal dengan proporsi bubuk daun kelor tertinggi (40:60%) yaitu sebesar 110,8 EAG/g (berat kering). Perbedaan total fenol pada herbal tersebut berkaitan dengan jumlah, jenis, dan struktur senyawa fenolik yang terkandung pada daun beluntas dan kelor. Selain itu, nilai total fenol ditentukan oleh jumlah, posisi gugus hidroksil, dan keberadaan ikatan terkonjugasi yang terdapat dalam cincin benzena dalam senyawa fenol. Gugus hidroksil bebas potensi mendonorkan atom hidrogen lebih tinggi dibandingkan gugus hidroksil yang terikat secara glikosida maupun ester, seperti dijelaskan oleh Mathew *et al.* (2015).

Daun beluntas mengandung senyawa fitokimia seperti alkaloid, flavonoid, fenolik, sterol, kardiak glikosida, fenol

hidrokuinon, tanin, terpenoid, dan saponin (Widyawati *et al.*, 2014). Widyawati *et al.* (2022) juga menginformasikan bahwa daun beluntas mengandung vitamin C 30,17 mg/100 g (bb), asam fenolik 28,48 mg/100 g (bb), asam klorogenat 20 mg/100 g (bb), asam kafeat 8,65 mg/100 g (wb), total flavonoid 6,39 mg/100 g (bb), kaempferol 0,28 mg/100 g (bb), mirisetin 0,09 mg/100 g (bb), total antosianin 0,27 mg/100 g (bb), β -karoten 1,70 mg/100 g (bb), dan total karotenoid 8,7 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. Pop *et al.* (2022) menyebutkan senyawa fenolik utama yang terdapat dalam daun kelor meliputi flavonoid (apigenin, kuersetin, luteolin, mirisetin, kaempferol), lignan (sekoisolarisiresinol, isolarisiresinol, medioresinol, epipinoresinol glikosida), dan asam fenolkarboksilat dan turunannya (asam koumaroilkuinat, kafeoilkuinat, feruloilkuinat). Perbedaan kadar, jenis, dan struktur senyawa fitokimia pada daun beluntas dan kelor tersebut menentukan potensial redoks dan kemudahan

Tabel 2. Warna infusa herbal bubuk daun beluntas dan kelor pada berbagai proporsi

Proporsi bubuk daun beluntas dan kelor (%)	Warna				
	L^*	a^*	b^*	$^{\circ}h$	C
100:0	38,27 $\pm$ 0,23 ^f	-1,18 $\pm$ 0,11 ^d	10,86 $\pm$ 0,04 ^g	74,86 $\pm$ 0,28 ^d	11,04 $\pm$ 0,05 ^e
90:10	37,89 $\pm$ 0,12 ^e	-1,23 $\pm$ 0,06 ^d	10,3 $\pm$ 0,06 ^f	74,24 $\pm$ 0,05 ^{cd}	10,44 $\pm$ 0,03 ^d
80:20	37,17 $\pm$ 0,25 ^d	-1,64 $\pm$ 0,13 ^c	9,21 $\pm$ 0,11 ^e	73,23 $\pm$ 0,43 ^{bcd}	10,10 $\pm$ 0,05 ^d
70:30	36,48 $\pm$ 0,49 ^c	-2,33 $\pm$ 0,07 ^b	7,11 $\pm$ 0,67 ^d	72,73 $\pm$ 0,31 ^{bc}	7,80 $\pm$ 0,68 ^c
60:40	35,08 $\pm$ 0,03 ^b	-2,41 $\pm$ 0,14 ^b	6,36 $\pm$ 0,03 ^c	71,78 $\pm$ 0,16 ^b	7,29 $\pm$ 0,11 ^b
50:50	34,79 $\pm$ 0,08 ^{ab}	-2,442 $\pm$ 0,09 ^b	4,75 $\pm$ 0,32 ^b	65,29 $\pm$ 2,96 ^a	5,99 $\pm$ 0,23 ^a
40:60	34,57 $\pm$ 0,30 ^a	-3,375 $\pm$ 0,13 ^a	3,45 $\pm$ 0,04 ^a	64,69 $\pm$ 1,31 ^a	5,66 $\pm$ 0,02 ^a

Keterangan: L = *lightness*, a = *redness*, b = *yellowness*, $^{\circ}h$ = *hue*, C = *chroma*

Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan dalam tiap perlakuan ($\alpha = 0,05$)

mendonorkan atom hidrogen kepada ion molibdenum pada reagen *folin ciocalteu*, seperti yang dijelaskan oleh Cheng *et al.* (2002). Li *et al.* (2021) juga menjelaskan bahwa potensial redoks senyawa fenolik ditentukan oleh stabilitas radikal fenoksil yang dihasilkan setelah senyawa fenolik mendonorkan atom hidrogen atau elektron.

Total Flavonoid (TFC) Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Total flavonoid (TFC) infusa herbal daun beluntas kelor mengalami penurunan secara signifikan seiring peningkatan proporsi bubuk daun kelor pada $\alpha = 0,05$ (**Tabel 3**). Pola penurunan total flavonoid (TFC) seiring dengan pola penurunan total fenol (TPC). Nilai TFC tertinggi adalah infusa herbal dengan proporsi bubuk daun beluntas tertinggi (100%) yaitu 85,9 mg EC/g (berat kering) dan nilai TFC terendah pada infusa herbal dengan proporsi bubuk daun kelor tertinggi (60%) yaitu sebesar 35,9 mg EC/g (berat kering).

Dengan demikian bubuk daun beluntas berpotensi sebagai sumber TFC karena senyawa fitokimia dalam komoditas tersebut dapat mengkelat ion logam aluminium. Flavonol seperti kuersetin, kaempferol, mirisetin, morin, dan rutin, keberadaan gugus hidroksil pada cincin C-3 dan C-5 serta gugus dihidroksil pada cincin B dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion Al^{3+} . Selain itu flavon, seperti luteolin dan flavonon, seperti narigenin, hesperetin, narigenin, dan hesperetin juga potensial membentuk senyawa kompleks dengan ion aluminium. Ketiga jenis senyawa flavonoid tersebut yang diukur dengan metode $AlCl_3$ (Pekal & Pyrzyńska, 2014).

Menurut Widyawati *et al.* (2022) dan Suriyaphan (2014), jenis flavonoid dalam

daun beluntas adalah kuersetin, mirisetin, dan kaempferol, sedangkan menurut Pop *et al.* (2022), jenis flavonoid dalam daun kelor meliputi apigenin, kuersetin, luteolin, mirisetin, dan kaempferol. Perbedaan jenis dan kadar senyawa flavonoid dalam kedua bahan penyusun teh tersebut menentukan potensi minuman teh sebagai pengkelat ion logam. Raharjo & Haryoto (2019) menyebutkan bahwa flavonoid adalah senyawa yang dapat bertindak sebagai agen pereduksi dengan mendonorkan atom hidrogen sekaligus mengkelat ion logam. Kekuatan senyawa flavonoid sebagai agen pereduksi karena senyawa flavonoid merupakan komponen mayor senyawa fenolik, yang ditunjukkan dengan korelasi *Pearson* bahwa TFC berkorelasi kuat dan positif dengan TPC dengan nilai r sebesar 0,908 (**Tabel 4**). Hal ini berarti semakin tinggi TPC menyebabkan nilai TFC juga semakin tinggi, bahan penyusun teh tersebut menentukan potensi minuman teh sebagai pengkelat ion logam. Raharjo & Haryoto (2019) menyebutkan bahwa flavonoid adalah senyawa yang dapat bertindak sebagai agen pereduksi dengan mendonorkan atom hidrogen sekaligus mengkelat ion logam. Kekuatan senyawa flavonoid sebagai agen pereduksi karena senyawa flavonoid merupakan komponen mayor senyawa fenolik, yang ditunjukkan dengan korelasi *Pearson* bahwa TFC berkorelasi kuat dan positif dengan TPC dengan nilai r sebesar 0,908 (**Tabel 4**), hal ini berarti semakin tinggi TPC menyebabkan nilai TFC juga semakin tinggi.

Total Tanin (TTC) Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Total tanin (TTC) infusa bubuk daun beluntas kelor mengalami penurunan

Tabel 3. Kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan infusa herbal bubuk daun beluntas dan kelor pada berbagai proporsi

Proporsi bubuk daun beluntas dan kelor (%)	Kadar senyawa bioaktif			Aktivitas antioksidan	
	TPC (mg EAG/g sampel bk)	TFC (mg EC/g sampel bk)	TTC (mg EAT/g sampel bk)	DPPH (mg EAG/g sampel bk)	FRAP (mg EAG/g sampel bk)
100:0	162,3 ± 1,95 ^d	85,9 ± 1,95 ^f	165,9 ± 2,09 ^d	23,6 ± 0,93 ^e	86,0 ± 6,86 ^d
90:10	149,3 ± 5,87 ^c	77,6 ± 4,43 ^e	152,8 ± 6,24 ^c	22,6 ± 1,50 ^e	79,4 ± 6,42 ^d
80:20	143,0 ± 5,55 ^c	64,4 ± 5,93 ^d	146,5 ± 5,90 ^c	20,7 ± 1,96 ^d	69,4 ± 6,57 ^c
70:30	126,3 ± 9,69 ^b	57,9 ± 4,75 ^c	129,8 ± 10,25 ^b	19,4 ± 1,47 ^c	66,0 ± 6,32 ^{bc}
60:40	117,2 ± 9,53 ^{ab}	48,3 ± 2,02 ^b	120,6 ± 10,08 ^{ab}	18,5 ± 1,06 ^c	62,1 ± 3,32 ^{abc}
50:50	114,1 ± 9,60 ^a	43,5 ± 2,99 ^b	117,6 ± 10,05 ^a	17,2 ± 0,92 ^b	60,9 ± 4,02 ^{ab}
40:60	110,8 ± 4,02 ^a	35,9 ± 1,39 ^a	114,3 ± 4,21 ^a	13,6 ± 0,74 ^a	56,6 ± 5,29 ^a

Keterangan: mg EAG/g sampel bk = miligram ekivalen asam galat/g sampel berat kering; mg EC/g sampel bk = miligram ekivalen (+)-katekin/g sampel berat kering, mg EAT/g = miligram ekivalen asam tanat/g sampel berat kering

Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan dalam tiap perlakuan ($\alpha = 0,05$)

Tabel 4. Korelasi *Pearson* antara kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan infusa herbal bubuk daun beluntas dan kelor pada berbagai proporsi

Variabel	TPC	TFC	TTC	DPPH	FRAP
TPC	1				
TFC	0,908	1			
TTC	1	0,908	1		
DPPH	0,802	0,908	0,802	1	
FRAP	0,762	0,875	0,763	0,855	1

Keterangan: TPC = total fenolik, TFC = total flavonoid, TTC = total tanin, DPPH = aktivitas antioksidan (dalam kemampuan menangkalkan radikal DPPH), FRAP = aktivitas antioksidan (dalam kemampuan mereduksi ion besi)

seiring peningkatan proporsi daun kelor pada $\alpha = 0,05$ (**Tabel 3**). Pola penurunan nilai TTC infusa bubuk daun beluntas kelor sejalan dengan TPC dan TFC. Nilai TTC tertinggi pada infusa dengan proporsi bubuk daun beluntas dan kelor sebesar 100:0% dan terendah pada proporsi 40:60%. Hal ini disebabkan tanin merupakan senyawa fenolik yang memberikan rasa sepat pada infusa, yang bersifat polar dan termotabil sehingga tahan terhadap pemanasan (Rossida *et al.*, 2019). Kadar tanin daun beluntas berkisar antara 1,93 hingga 3,12% (Septiana *et al.*,

2014). Kadar tanin dalam daun kelor sebanyak 8,22% (Rossida *et al.*, 2019). Perbedaan kadar tanin pada kedua bahan sangat tergantung pada lingkungan tumbuh (Septiana *et al.*, 2014). Lohdip *et al.* (2021) menyebutkan bahwa tanin berpotensi sebagai antioksidan karena dapat mengalami reaksi redoks. Tanin dapat bereaksi dengan *folin ciocalteu*, karena tanin merupakan senyawa fenolik yang dapat mendonorkan elektron maupun atom hidrogen terhadap radikal bebas menghasilkan radikal fenoksil yang stabil. Potensi tanin sebagai agen pereduksi sangat

tergantung pada strukturnya (Wang *et al.*, 2021). Kekuatan korelasi antara TTC dengan TPC dan TFC ditunjukkan dengan korelasi *Pearson*, diketahui bahwa TTC berkorelasi positif dan kuat dengan TPC dan TFC masing-masing sebesar 1 dan 0,908 (**Tabel 4**), hal ini menunjukkan peningkatan jumlah TPC seiring dengan peningkatan jumlah TFC dan TTC.

Aktivitas Antioksidan Infusa Bubuk Daun Beluntas-Kelor untuk Menangkal Radikal Bebas

Kemampuan menangkalkan radikal bebas DPPH infusa daun beluntas kelor mengalami penurunan secara nyata seiring dengan penurunan proporsi bubuk daun beluntas ($\alpha = 0,05$) (**Tabel 3**). Infusa dengan proporsi bubuk daun beluntas 100% memiliki DPPH sebesar $23,6 \pm 0,93$ mg EAG/g sampel (berat kering) dan proporsi bubuk daun kelor 60% diperoleh DPPH terendah sebesar $13,6 \pm 0,74$ mg EAG/g (berat kering). Nilai DPPH seiring penurunan TPC, TFC, dan TTC, keterlibatan senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin dalam reaksi redoks menyebabkan ketiga senyawa tersebut dapat mendonorkan atom hidrogen kepada radikal bebas DPPH yang berwarna ungu menghasilkan larutan DPPH-H yang berwarna kuning, sesuai pendapat Baliyan *et al.* (2022). Berdasarkan korelasi *Pearson* (*r*) ditunjukkan bahwa TPC, TFC dan TTC berkorelasi positif dan kuat dengan DPPH dengan nilai *r* masing-masing sebesar 0,762; 0,908; 0,763 (**Tabel 4**), yang artinya senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin dalam minuman menentukan kemampuan menangkalkan radikal bebas DPPH. Muflihah *et al.* (2021) menjelaskan bahwa aktivitas antioksidan DPPH tanaman herbal Indonesia berkorelasi linear dan kuat

dengan TPC dan TFC dengan nilai *r* masing-masing sebesar 0,699 dan 0,541. Menurut da Silva *et al.* (2011), TTC pada ekstrak aseton *Glycine max* (L) berkorelasi kuat dengan DPPH dengan $r = 0,7465$. Semakin besar konsentrasi senyawa bioaktif tersebut menyebabkan DPPHnya semakin besar. Potensi infusi sebagai penangkal radikal bebas DPPH menunjukkan bahwa produk infusi tersebut dapat sebagai sumber antioksidan primer, seperti yang ditegaskan oleh Baliyan *et al.* (2022).

Aktivitas Antioksidan Infusa Bubuk Daun Beluntas-Kelor untuk Mereduksi Ion Besi

Kemampuan mereduksi ion besi (FRAP) infusa bubuk daun beluntas kelor seiring dengan kemampuan menangkalkan radikal bebas DPPH. FRAP tertinggi pada infusa dengan proporsi bubuk daun beluntas tertinggi (100%) yaitu sebesar $86,0 \pm 6,86$ mg EAG/g sampel (berat kering) dan terendah yaitu infusa dengan proporsi bubuk daun kelor tertinggi (60%) yaitu sebesar $56,6 \pm 5,29$ mg EAG/g (berat kering). Besarnya nilai FRAP berkorelasi positif dan kuat dengan TPC, TFC dan TTC, dengan nilai korelasi *Pearson* (*r*) masing-masing sebesar 0,802; 0,875 dan 0,802 (**Tabel 4**). Hal ini menunjukkan bahwa nilai TPC, TFC, dan TTC sangat berpengaruh terhadap nilai FRAP. Wang *et al.* (2021) menjelaskan bahwa TPC, TFC, dan TTC berkorelasi positif dan kuat dengan FRAP dengan nilai *r* sebesar 0,854; 0,939; dan 0,619. Kemampuan mereduksi ion besi karena mengandung senyawa bioaktif yang dapat mendonorkan elektron sehingga dapat bereaksi dengan radikal bebas sehingga menghasilkan senyawa yang stabil. Menurut Raharjo & Haryoto

(2019), senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin dapat terlibat reaksi redoks dengan bertindak sebagai agen pereduksi dengan mendonorkan elektron sehingga dapat mereduksi ion Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Kemampuan infusa sebagai FRAP berkorelasi positif dan kuat dengan DPPH yaitu sebesar 0,855 (**Tabel 4**). Jika dibandingkan antara nilai FRAP dan DPPH maka ada kecenderungan bahwa infusa beluntas mampu berfungsi sebagai minuman fungsional melalui kemampuan mereduksi ion besi dengan mendonorkan elektron (antioksidan sekunder).

Sifat Sensoris Infusa Herbal Daun Beluntas-Kelor

Tingkat kesukaan panelis terhadap rasa, aroma, dan warna infusi bubuk daun beluntas kelor dilakukan dengan metode hedonik yang melibatkan panelis semi terlatih sebanyak 101 orang. **Tabel 5** menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis terhadap rasa, warna, dan aroma mengalami peningkatan pada proporsi bubuk beluntas-kelor sebesar 90:10%, selanjutnya mengalami penurunan nyata seiring bertambahnya proporsi bubuk daun kelor pada $\alpha = 0,05$. Penambahan proporsi

bubuk daun kelor dalam pembuatan infusa menyebabkan kekeruhan semakin tinggi seiring peningkatan total asam tertitrasi dan penurunan TPC, TFC, dan TTC. Hal ini menyebabkan tingkat kecerahan (L^*), *redness* (a^*), dan *yellowness* (b^*) infusi tersebut berkurang karena adanya kontribusi pigmen yang berasal dari bubuk daun tersebut. Keberadaan tanin, klorofil, karotenoid, flavonoid, dan produk degradasinya menentukan warna infusi, seperti yang dijelaskan oleh Widyawati *et al.* (2023) dan Dellima *et al.* (2023). Berdasarkan nilai $^{\circ}h$ diperoleh informasi bahwa penambahan proporsi bubuk daun kelor menyebabkan warna infusa herbal bergeser ke arah merah kecoklatan yang bukan dikontibusi oleh tanin, tetapi degradasi dari pigmen alami dalam daun karena proses pengeringan. Rasa infusi herbal ditentukan oleh keberadaan senyawa fitokimia. Tanin berpengaruh pada sifat *astringency* dan rasa pahit serta sepat pada infusi. Katekin (epikatekin dan epigallokatekin) dapat menimbulkan flavor sedikit sepat dan pahit dengan sedikit manis setelah diminum, sedangkan epigallokatekin gallat dan epikatekin gallat dapat menghasilkan flavor sepat yang kuat

Tabel 5. Tingkat kesukaan panelis terhadap infusa herbal bubuk daun beluntas dan kelor pada berbagai proporsi

Proporsi bubuk daun beluntas dan kelor (%)	Tingkat kesukaan			Uji pembobotan
	Rasa	Warna	Aroma	
100:0	5,74 ± 1,02 ^f	5,44 ± 1,05 ^f	6,03 ± 0,66 ^e	0,92
90:10	6,45 ± 0,88 ^g	6,64 ± 0,83 ^g	5,69 ± 1,05 ^d	1,04
80:20	5,14 ± 1,27 ^e	5,03 ± 1,01 ^e	4,55 ± 1,11 ^c	0,69
70:30	4,23 ± 0,81 ^d	4,19 ± 0,81 ^d	4,29 ± 0,86 ^c	0,52
60:40	4,48 ± 1,06 ^c	3,36 ± 0,93 ^c	3,51 ± 0,86 ^b	0,40
50:50	4,29 ± 0,86 ^b	2,15 ± 0,36 ^b	3,46 ± 0,83 ^b	0,29
40:60	2,58 ± 0,61 ^a	1,66 ± 0,48 ^a	2,50 ± 0,55 ^a	0,00

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan dalam tiap perlakuan ($\alpha = 0,05$)

dengan sifat *astringency*. Flavonoid dapat memunculkan rasa sepat (*astringency*) dan kepekatan rasa (*body*), hal ini sangat tergantung pada konsentrasinya (Martono & Setiyono, 2014). Aroma infusa herbal dikontribusi oleh senyawa volatil yang dihasilkan oleh bahan baku. Triyanto *et al.* (2014) menginformasikan bahwa daun beluntas mengandung minyak atsiri sebesar 4,47%. Widyawati *et al.* (2013) menemukan 66 komponen minyak atsiri dengan senyawa volatil yang dominan adalah (10S,11S)-himachala-3-(12)-4-diena sebesar 17,35%. Pada minyak atsiri daun kelor terdapat *phytol* 7,0–21,6% (Marrufo *et al.*, 2013), *hexacosane* 11,2–13,9%; *pentacosane* 13,3–17,4%; dan *heptacosane* 11,4% (Chuang *et al.*, 2007; Marrufo *et al.*, 2013). Pada daun kelor terdapat enzim lipoksidase yang dapat menghidrolisis lemak menjadi senyawa-senyawa penyebab langu seperti heksanal dan heksanol (Ilona, 2015). Flavor langu pada daun kelor dapat mengurangi penerimaan oleh konsumen (Khasanah & Astuti, 2019). Nilai pembobotan berdasarkan skor tingkat kesukaan panelis terhadap aroma, rasa, dan warna menunjukkan bahwa infusa herbal beluntas kelor dengan proporsi 90:10% (b/b) adalah perlakuan yang paling disukai panelis dengan skor sebesar 1,04 (**Tabel 5**).

KESIMPULAN

Infusa herbal bubuk daun beluntas dan kelor pada berbagai proporsi dapat memengaruhi sifat fisikokimia, kadar senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan, dan sifat sensori infusa herbal bubuk daun beluntas-kelor. Semakin besar proporsi bubuk daun kelor menyebabkan semakin besar penurunan nilai pH, L^* , a^* , b^* , $^{\circ}h$, C, TPC (total fenolik), TFC (total flavonoid), TTC (total tannin), aktivitas antioksidan

(DPPH dan FRAP), namun nilai kekeruhan dan total asam tertitrasi pada infusa herbal yang dihasilkan semakin tinggi. Infusa herbal bubuk daun beluntas-kelor yang paling disukai terbuat dari 90% daun beluntas dan 10% kelor dengan tingkat penerimaan konsumen tertinggi yakni 1,04.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya atas hibah penelitian internal tahun anggaran 2023 dan Kemenristekdikti atas Penelitian Kerjasama dalam Negeri tahun anggaran 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. (2005). Method of Analysis. AOAC International.
https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
- Adriana, V., Alwi, M.K., & Syam, A. (2019). Pengaruh pemberian tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap profil lipid pada penderita pradiabetes di wilayah kerja Puskesmas Samata Gowa. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Diagnosis*, 13(6), 622–632.
- Aminah, S., Ramdhan, T., & Yanis, M. (2015). Kandungan nutrisi dan sifat fungsional tanaman kelor (*Moringa oleifera*). *Buletin Pertanian Perkotaan*, 5(2), 35–44.
- Apriliyani, D.A., Prabawa, S., & Yudhistira, B. (2021). Pengaruh variasi formulasi dan waktu pengeringan terhadap karakteristik minuman herbal daun beluntas dan daun mint. *Agrointek*, 15(3), 876–885.
<https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i3.10492>

- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 3945:2016. Teh hijau. In Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
https://www.academia.edu/37508214/SNI_3945_2016
- Badan Standarisasi Indonesia. (2016). SNI 1902:2016. Teh hitam. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
<https://pdfcoffee.com/sni-1902-2016-pdf-free.html>
- Baliyan, S., Mukherjee, R., Priyadarshini, A., Vibhuti, A., Gupta, A., Pandey, R.P., & Chang, C.M. (2022). Determination of antioxidants by DPPH radical scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules*, 27(4), 1326.
<https://doi.org/10.3390/molecules27041326>
- Britany, M.N., & Sumarni, L. (2020). Pembuatan minuman herbal dari daun kelor untuk meningkatkan daya tahan tubuh selama pandemi covid-19 di Kecamatan Limo. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 92, 1–6.
- Chan, E.W.C., Ng, Y.K., Wong, S.K., & Chan, H.T. (2022). *Pluchea indica*: An updated review of its botany, uses, bioactive compounds and pharmacological properties. *Pharmaceutical Sciences Asia*, 49(1), 77–85.
<https://doi.org/10.29090/psa.2022.01.21.113>
- Cheng, Z., Ren, J., Li, Y., Chang, W., & Chen, Z. (2002). Phenolic antioxidants: Electrochemical behavior and the mechanistic elements underlying their anodic oxidation reaction. *Redox Report Communications in Free Radical Research*, 7(6), 395–402.
<https://doi.org/10.1179/135100002125001171>
- Chuang, P.H., Lee, C.W., Chou, J.Y., Murugan, M., Shieh, B.J., & Chen, H.M. (2007). Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. *Bioresource Technology*, 98(1), 232–236.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.11.003>
- da Silva, C.H.T.P., Sobrinho, T.J.D.S.P., e Castro, V.T.N.D.A., Lima, D.D.C.A., & de Amorim, E.L.C. (2011). Antioxidant capacity and phenolic content of *Caesalpinia pyramidalis* Tul. and *Sapium glandulosum* (L.) morong from Northeastern Brazil. *Molecules*, 16(6), 4728–4739.
<https://doi.org/10.3390/molecules16064728>
- DeGarmo, E.P., Sullivan, W.G., & Candra, C.R. (1984). *Engineering Economy*. 7th Edition. Mc Millan Publ.Co.
- Dellima, B.R.E., Putri, M.K. , & Liung, A.M. (2023). Penetapan kadar klorofil daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan aplikasinya dalam formulasi sediaan gel. *Jurnal Jamu Kusuma*, 3(1), 1–6.
<https://doi.org/10.37341/jurnaljamukusuma.v3i1.60>
- Emilia, I., & Mutiara, D. (2019). Parameter fisika, kimia dan bakteriologi air minum alkali terionisasi yang diproduksi mesin kangen water leveluk SD 501. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(1), 67–73.
<https://doi.org/10.31851/sainmatika.v16i1.2845>
- Fitriani, E., Walanda, D.K., & Hamzah, B. (2019). Analisis kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na) dan fosfor (P) dalam daun beluntas (*Pluchea indica* Less). *Jurnal Akademika Kimia*, 8(1), 17–22.

- Global Biodiversity Information Facility. (2021). GBIF Backbone Taxonomy. <https://www.gbif.species/3132728>
- Hassan, M.A., Xu, T., Tian, Y., Zhong, Y., Ali, F.A.Z., Yang, X., & Lu, B. (2021). Health benefits and phenolic compounds of *Moringa oleifera* leaves: A comprehensive review. *Phytomedicine*, 93, 153771. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153771>
- Huang, S.J., & Lee, J.H. (2023). Comparison of antioxidant activities expressed as equivalents of standard antioxidant. *Food Science and Technology*, 43(e121522), 1–5. <https://doi.org/10.1590/fst.121522>
- Hutching, J.B. (1999). *Food color and appearance*. Maryland (US): Aspen Publisher Incorporation.
- Ilona, A.D. (2015). Pengaruh penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan waktu inkubasi terhadap sifat organoleptik yoghurt. *Jurnal Tata Boga*, 4(3), 151–159.
- Khasanah, V., & Astuti, P. (2019). Pengaruh Penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kualitas inderawi dan kandungan protein mie basah substitusi tepung mocaf. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(2), 15–21. <https://doi.org/10.15294/jkomtek.v11i2.22499>
- Li, X., Gao, Y., Xiong, H., & Yang, Z. (2021). The electrochemical redox mechanism and antioxidant activity of polyphenolic compounds based on inlaid multi-walled carbon nanotubes modified graphite electrode. *Open Chemistry*, 19, 961–973. <https://doi.org/10.1515/chem-2021-0087>
- Lohdip, Y.N., Lungaka, A.P., & Gongden, J.J. (2021). Kinetics and mechanism of the oxidation of tannic acid by potassium trisoxalato ferrate (iii) in aqueous hydrochloric acid medium. *J. Chem. Soc. Nigeria*, 46(5), 0833–0841. <https://doi.org/10.46602/jcsn.v46i5.662833>
- Made, R.F.N., Wrasati, L.P., & Triani, I.G.A.L. (2022). Karakteristik teh hitam *La Vie En Rose* produksi PT. Bali Cahaya Amerta pada perlakuan suhu penyeduhan dan takaran saji. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 332–341.
- Marrufo, T., Nazzaro, F., Mancini, E., Fratianni, F., Coppola, R., De Martino, L., & De Feo, V. (2013). Chemical composition and biological activity of the essential oil from leaves of *Moringa oleifera* Lam. cultivated in Mozambique. *Molecules*, 18(9), 10989–11000. <https://doi.org/10.3390%2Fmolecules180910989>
- Martono, B., & Setiyono, R.T. (2014). Skrining fitokimia enam genotipe the phytochemical screening of six tea genotypes *J. TIDP*, 1(2), 63–68.
- Mathew, S., Abraham, E.T., & Zakaria, Z.A. (2015). Reactivity of phenolic compounds towards free radicals under in vitro conditions. *Journal Technology Food Science*, 52(9), 5790–5798. <https://doi.org/10.1007%2Fs13197-014-1704-0>
- Muflihah, Y.M., Gollavelli, G., & Ling, Y.C. (2021). Correlation study of antioxidant activity with phenolic and flavonoid compounds in 12 Indonesian indigenous herbs. *Antioxidants*, 10(1530), 1–15. <https://doi.org/10.3390/antiox10101530>
- Mulyaningsih, T.R., & Yusuf, S. (2018). Penentuan kandungan mineral dalam daun kelor dengan analisis aktivasi neutron. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra*, 21(1), 11–16. <https://dx.doi.org/10.17146/gnd.2018.21.1.3683>

- Omar, A.F.B., & MatJafri, M.Z.B. (2009). Turbidimeter design and analysis: A review on optical fiber sensors for the measurement of water turbidity. *Sensors*, 9, 8311–8335. <https://doi.org/10.34302/crpfjst/2020.12.4.13>
- Paramita, V.D., Yuliani Hr, Rosalin, & Purnama, I., (2021). Pengaruh berbagai metode pengeringan terhadap kadar air, abu dan protein tepung daun kelor. Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M). *Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2021*, 6, 1–6.
- Pekal, A., & Pyrzyńska, K. (2014). Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Method*, 7, 1776–1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>
- Pop, O.L., Kerezsi, A.D., & Ciont, C. (Nagy). (2022). A Comprehensive review of *Moringa oleifera* bioactive compounds—cytotoxicity evaluation and their encapsulation. *Foods*, 11(23), 3787. <https://doi.org/10.3390/2Ffoods11233787>
- Putra, I.W.D.P., Dharmayudha, A.A.G.O., & Sudimartini, L.M. (2016). Identifikasi senyawa kimia ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* L.) di Bali. *Jurnal Indonesia Medicus Veterinus*, 5(5), 464–473.
- Raharjo, D., & Haryoto. (2019). Antioxidant activity of mangrove *Sonneratia caseolaris* L using the FRAP method. International Summit on Science Technology and Humanity (ISETH2019) Advancing Scientific Thought for Future Sustainable Development p-ISSN: 2477-3328 e-ISSN: 2615-1588, pp. 623–629.
- Rossida, K.F.P., Sunarno, Kasiyati, Djaelani, M.A. (2019). Pengaruh imbuhan tepung daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dalam pakan pada kandungan protein dan kolesterol telur itik pengging (*Anas platyrhynchos domesticus* L.). *Jurnal Biologi Tropika*, 2(2), 41–47. <https://doi.org/10.14710/jbt.2.2.41-47>
- Ruan, J., Yan, J., Zheng, D., Sun, F., Wang, J., Han, L., Zhang, Y., & Wang, Y. (2019). Comprehensive chemical profiling in the ethanol extract of *Pluchea indica* aerial parts by liquid chromatography/mass spectrometry analysis of its silica gel column chromatography fractions. *Molecules*, 24(2784), 1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules24152784>
- Rukmiarsih, P.S., Hardjosworo, P.P., Ketaren, & Matitaputty, R.R. (2011). Penggunaan beluntas, vitamin C dan E sebagai antioksidan untuk menurunkan off-odor daging itik Alabio dan Ciheteup. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 16(1), 9–16.
- Saputri, A.A., Purwanti, R., & Christiandari, H. (2022). Perbandingan kadar vitamin C pada daun kelor (*Moringa oleifera*) yang tumbuh di dataran rendah, dataran rendah menengah dan dataran tinggi. *Jurnal Permata Indonesia*, 13(1), 62–67. <http://dx.doi.org/10.59737/jpi.v13i1.46>
- Septiana, A., Indrawati, & Rustin. (2014). Analisis kadar alkaloid dan tanin tumbuhan beluntas (*Pluchea indica* Less) pada lahan salin di Desa Asingi Kecamatan Tinanggea dan Nin Salin di Desa Lambodijaya Kecamatan Lalembuu Sulawesi Tenggara. *Biowallacea*, 1(2), 82–89.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., & Sari, M.P. (2010). *Analisis sensori untuk industri pangan dan agro*. Bogor: IPB Press.
- Srimoon, R. (2018). The effect of Indian marsh fleabane (*Pluchea indica* (L.) Less) dried leaves extract against oxidative stress induced by hydrogen peroxide in

- Saccharomyces cerevisiae*. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 23(3), 1–7.
<https://doi.org/10.14456/apst.2018.9>
- Suriyaphan. (2014). Nutrition, health benefits and applications of *Pluchea indica* (L.) leaves. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences*, 41(4), 1–10.
- Trisnawati, I., Hersoelistyorini, W., & Nurhidajah. (2019). Tingkat kekeruhan, kadar vitamin C dan aktivitas antioksidan infused water lemon dengan variasi suhu dan lama perendaman. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 9(1), 27–38.
<https://doi.org/10.26714/jpg.9.1.2019.27-38>
- Triyanto, T., BI, V.D.Y., & Sukanto, B. (2016). Pengaruh penggunaan ekstrak daun beluntas (*Pluchea indica* Less) sebagai pengganti klorin terhadap pencernaan bahan organik dan retensi nitrogen ayam broiler *Animal Agriculture Journal*, 3(2), 341–352.
- Wang, Z., Barrow, C.J., Dunshea, F.R., & Suleria, H.A.R.. (2021). A comparative investigation on phenolic composition, characterization and antioxidant potentials of five different Australian grown pear varieties. *Antioxidants*, 10(151), 1–21.
<https://doi.org/10.3390/antiox10020151>
- Wangcharoen, W., & Gomolmanee, S. (2011). Antioxidant capacity and total phenolic content of *Moringa oleifera* grown in Chiang Mai, Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science*, 44(5), 118–124.
- Werdani, Y.D.W., & Widyawati, P.S. (2018). Antidiabetic effect of *Pluchea indica* Less tea as a functional beverage in diabetic patients. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*. *International Conference Postgraduate School Universitas Airlangga: Implementation of Climate Change Agreement to Meet Sustainable Development Goals (ICPSUAS 2017)*, 98(1), 1–4.
<https://doi.org/10.2991/icpsuas-17.2018.36>
- Wicaksono, L.A., Djajati, S., & Laksmi, A.N.E. (2020). Karakteristik minuman herbal daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan pengkayaan kolagen ikan. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 4(2), 163–180.
<https://doi.org/10.26877/jiphp.v4i2.6903>
- Widyawati, P.S., Budianta, T.D.W., Utomo, A.R., & Harianto, I. (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., Budianta, T.D.W., Kusuma, F.A., & Wijaa, E.L. (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.
<https://impactfactor.org/PDF/IJPPR/6/IJPPR,Vol6,Issue4,Article29.pdf>
- Widyawati, P.S., Budianta, T.D.W., Werdani, Y.D.W., & Halim, M.O. (2018). Aktivitas antioksidan minuman daun beluntas teh hitam (*Pluchea indica* Less-*Camelia sinensis*). *Agritech*, 38(2), 200–207.
<https://doi.org/10.22146/agritech.25699>
- Widyawati, P.S., Darmoatmojo, L.M.Y.D.D., Utomo, A.R., Salim, P.E.A., Martalia, D.A., Wibisono, D.A.S., & Santoso, S.S. (2023). The effect of hot water extract of *Pluchea indica* leaf powder on the physical, chemical and sensory properties of wet noodles. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 11(1), 276–293.

- <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.1.21>
- Widyawati, P.S., & Frebriana, L. (2023). Phytochemical compounds and antihyperglycemic activities from beverage composed *Pluchea indica* Less-black tea-honey. *Foodscitech*, 6(1), 10–24.
<https://doi.org/10.25139/fst.vi.5209>
- Widyawati, P.S., Prahartiwi, M., & Tumbol, P.F.E. (2023). Profil kualitas dan sifat antihiperglikemik air seduhan teh beluntas (*Pluchea indica* Less) selama penyimpanan. *Journal of Food Technology and Agroindustry*, 5(1), 26–34.
<https://doi.org/10.24929/jfta.v5i1.2398>
- Widyawati, P.S., Suseno, T.I.P., Utomo, A.R., Willianto, T.I., Yohanita, C., & Wulandari, T.A. (2020). The effect of lemon (*Citrus limon* L.) addition to *Pluchea indica* Less beverage. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 12(4), 125–139.
<https://doi.org/10.34302/crpjfst/2020.12.4.13>
- Widyawati, P.S., Suseno, T.I.P., Widjajaseputra, A.I., Widyastuti, T.E. W., Moeljadi, V.W., & Tandiono, S. (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. *Molecule*, 27(5062), 1–16.
<https://doi.org/10.3390/molecules27165062>
- Widyawati, P.S., Wijaya, C.H., Hardjosworo, P.S., & Sajuthi, D. (2011). Evaluasi aktivitas antioksidatif ekstrak daun beluntas (*Pluchea indica*) berdasarkan perbedaan ruas daun. *Rekapangan Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), 1–14.
- Widyawati, P.S., Wijaya, C.H., Hardjosworo, P.S., & Sajuthi, D. (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.
<https://doi.org/10.4308/hjb.20.3.117>
- Zaku, S.G., Emmanuel, S., Tukur, A.A., & Kabir, A. (2015). *Moringa oleifera*: an underutilized tree in Nigeria with amazing versatility: a Review. *African Journal of Food Science*, 9(9), 456–461.
<https://doi.org/10.5897/AJFS2015.1346>