

## Pengaruh suhu pengeringan terhadap karakter fisikokimia dan aktivitas antioksidan tisane daun rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.)

*Effect of drying temperature on the physicochemical characteristic and antioxidant activity characteristics of roselle leaves (Hibiscus sabdariffa L.) tisane*

Fiddini Nurul Hasri<sup>1</sup>, Misril Fuadi<sup>1\*</sup>, Nur Izalin Binti Mohamad Zahari<sup>2</sup>, Muhammad Shafiq Bin Johari<sup>2</sup>, Norra Ismail<sup>2</sup>, Norhartini Abdul Samad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Medan 20238, Indonesia

<sup>2</sup>Malaysian Agriculture Research and Development Institute (MARDI), Persiaran Mardi-UPM, 43400, Serdang, Selangor, Malaysia

\*Email korespondensi: [misrilfuadi@umsu.ac.id](mailto:misrilfuadi@umsu.ac.id)

### Informasi artikel:

Dikirim: 14 Januari 2026; disetujui: 24 Januari 2026; diterbitkan: 31 Maret 2026

### ABSTRACT

*Roselle leaf tisane is the name for an herbal tea made from dried roselle leaves. Tisanes are popular for their aroma, antioxidant content, and therapeutic properties. Roselle leaves are known to be a source of antioxidants, flavonoids, and phenolic compounds, which contribute to their health benefits. This study aimed to investigate the effect of drying temperature on the physicochemical characteristics, antioxidant activity, and sensory acceptance of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) tisane. Roselle leaves were dried at 40°C, 50°C, and 60°C, and the resulting powders were analyzed for moisture content, water activity, color, total phenolic content (TPC), FRAP, DPPH, TEAC, total flavonoid content (TFC), pH, and sensory properties of the infusion at 60°C. Results showed that moisture and water activity decreased with increasing drying temperature, reaching the lowest values at 60°C. Antioxidant activities, including TPC, FRAP, DPPH, TEAC, and TFC, significantly increased at higher drying temperatures. The infusion pH slightly decreased with temperature, while color and overall sensory acceptance did not show significant differences. These findings indicate that drying at 50–60°C can enhance the bioactive compounds and antioxidant activity of Roselle leaves without compromising sensory quality. This study provides valuable insights for optimizing Roselle processing as a functional beverage with high antioxidant potential.*

**Keywords:** *Hibiscus sabdariffa*, drying temperature, antioxidant, physicochemical, sensory

### ABSTRAK

*Tisane daun rosella merupakan sebutan untuk teh herbal yang berbahan dasar daun rosella yang dikeringkan. Tisane banyak digemari berkat aroma, kandungan antioksidan serta khasiat terapinya. Daun Rosella dikenal sebagai super antioksidan, flavonoid dan senyawa fenolik yang berperan dalam mendukung manfaat kesehatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu pengeringan terhadap karakteristik fisik, kimia, aktivitas antioksidan, dan penerimaan sensori tisane daun rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). Bubuk daun rosella dikeringkan pada suhu 40°C, 50°C, dan 60°C, kemudian dianalisis untuk kadar air, *water activity*, warna, total *phenolic content* (TPC), FRAP, DPPH, TEAC, total *flavonoid content* (TFC), pH, serta uji sensori seduhan pada suhu 60°C. Hasil menunjukkan bahwa kadar air dan *water activity* menurun seiring*

peningkatan suhu pengeringan, dengan nilai terendah pada suhu 60°C. Aktivitas antioksidan, termasuk TPC, FRAP, DPPH, TEAC, dan TFC, meningkat secara signifikan pada suhu pengeringan yang lebih tinggi. Nilai pH seduhan sedikit menurun seiring meningkatnya suhu, sedangkan warna dan penerimaan sensori keseluruhan tidak menunjukkan perbedaan nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa pengeringan pada suhu 50–60°C dapat meningkatkan kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan daun rosella tanpa menurunkan kualitas sensori seduhan. Penelitian ini memberikan informasi penting untuk optimalisasi pengolahan daun rosella sebagai minuman fungsional dengan aktivitas antioksidan tinggi.

**Kata kunci:** *Hibiscus sabdariffa*, suhu pengeringan, antioksidan, karakter fisikokimia, sensori

## PENDAHULUAN

*Tisane* merupakan sebutan untuk teh herbal yang dibuat dari kombinasi daun kering, biji-bijian, rerumputan, kacang-kacangan, kulit kayu, buah-buahan, bunga, atau elemen botani lainnya yang memberikan rasa sekaligus manfaat dari teh herbal yang diseduh dengan air seperti teh pada umumnya. Tetapi teh herbal tidak bisa dikatakan teh dikarenakan fakta, bahwasanya teh berasal dari semak yang bernama *Camellia* sintesis yang merupakan teh sesungguhnya yang menghasilkan teh hitam, teh *oolong*, teh hijau dan teh putih (Ravikumar, 2014). *Tisane* banyak digemari berkat aroma, kandungan antioksidan, serta khasiat terapinya. Minuman ini kerap diminum bukan hanya untuk efek fisik, tetapi juga karena diyakini memiliki manfaat penyembuhan, terutama sebagai stimulan, penenang, atau sedatif. Namun, manfaat medis dari beberapa jenis herba umumnya masih didasarkan pada pengalaman pribadi dan sering menimbulkan perdebatan (Vijayalakshmi *et al.*, 2016).

Daun rosella dikenal sebagai sumber antioksidan, flavonoid, dan senyawa fenolik yang berperan dalam mendukung manfaat kesehatannya. Kandungan nutrisinya juga beragam, seperti vitamin C, zat besi, dan kalsium (Edo *et al.*, 2023). Daun rosella memiliki rasa yang asam dan tajam hingga sering dibandingkan dengan *cranberry* dalam hal rasa (Rambe *et al.*, 2022). Dengan kalori yang rendah serta serat pangan yang tinggi, daun rosella menjadi pilihan bergizi untuk melengkapi pola makan. Dalam praktik pengobatan tradisional, tanaman ini

digunakan untuk membantu menangani berbagai kondisi, termasuk tekanan darah tinggi, diabetes, gangguan hati, hingga infeksi bakteri. Selain itu, daun rosella juga dipercaya bermanfaat bagi kesehatan secara menyeluruh, misalnya untuk meredakan masalah pencernaan dan sebagai agen *diuretic* (Edo *et al.*, 2023).

Pengeringan adalah metode pengawetan alami yang sudah digunakan sejak lama dengan cara menghilangkan sebagian kandungan air dari bahan pangan melalui pemanasan. Penurunan kadar air ini akan menurunkan aktivitas air ( $A_w$ ), sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, mengurangi aktivitas enzim, serta mencegah terjadinya reaksi kimia maupun biokimia yang dapat merusak mutu pangan. Oleh karena itu, produk pangan yang telah dikeringkan menjadi lebih stabil dan memiliki daya simpan yang lebih panjang (Asiah dan Djaeni 2021). Pengeringan menggunakan rak atau kompartemen merupakan jenis pengering yang paling sering dipakai. Proses ini memanfaatkan sirkulasi udara panas di dalam ruang pengering, yang secara bertahap menurunkan kadar air bahan sesuai dengan pengaturan suhu dan kelembaban udara (Asiah *et al.*, 2023). Penentuan suhu pengeringan yang tepat merupakan kompromi antara efisiensi proses (waktu dan konsumsi energi) dengan kemampuan mempertahankan senyawa bioaktif. Beberapa penelitian sebelumnya pada bagian rosella, terutama kelopak, menunjukkan bahwa penggunaan suhu pengeringan yang terlalu tinggi dapat menurunkan total *phenolic content* (TPC) dan

aktivitas antioksidan setelah melewati batas tertentu. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah atau kondisi pengeringan dengan kelembapan tinggi dapat memperpanjang durasi pengeringan serta meningkatkan risiko pertumbuhan mikroba dan perubahan warna bahan. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian khusus terhadap daun rosella sebagai bahan *tisane* untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pengeringan terhadap karakteristik fisikokimia (seperti kadar air, warna, pH, TPC, total flavonoid, dan antosianin bila ada) serta aktivitas antioksidan (misalnya melalui uji DPPH, FRAP, atau ABTS) (Nguyen dan Chuyen 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu pengeringan terhadap karakteristik fisik, kimia, aktivitas antioksidan, dan penerimaan sensori tisane daun rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.).

## METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan untuk sampel penelitian merupakan Daun Rosella segar yang berasal petani dari daerah Raub, Pahang, Malaysia.

### Alat

Peralatan mencakup oven, timbangan, *mixer grinder*, kantung teh, alat pengaduk teh, chromameter, pH meter, Aw meter, *Moisture Analyzer* dan seperangkat alat analisa aktivitas antioksidan.

### Pembuatan tisane daun rosella

Diawali dengan pembersihan daun rosella menggunakan air mengalir untuk menghilangkan debu dan kotoran yang berada di daun tersebut. Selanjutnya pengeringan daun rosella dilakukan dengan menggunakan Cabinet Dryer (Hot Air Circulating Drier oleh Jiangyin Hongda Powder Equipment Co., Ltd.) dengan menggunakan 3 suhu yang berbeda-beda yaitu 40°C, 50°C, dan 60°C. Penggunaan suhu yang relatif rendah untuk menghindari kerusakan kandungan bioktif yang berada dalam daun rosella (Taufik, et al., 2016).

Setelah di keringkan daun rosella dikumpul kan dan di dinginkan sebelum masuk ke tahap penghalusan. Penghalusan daun rosella menggunakan *mixer grinder* (Panasonic MX-AC555). Penghalusan daun rosella bertujuan untuk memudahkan memasukkan bubuk kedalam kantung teh dan juga untuk di cek sifat fisikokimia dan antioksidan yang terkandung dalam daun rosella.

### Uji kadar air

Pengujian kadar air menggunakan alat *Moisture Analyzer* (A&D MX-50). Sampel ditimbang 5 g lalu alat ditutup dan otomatis bekerja hingga hasilnya keluar.

### Uji aktivitas air

Aktivitas air ( $A_w$ ) diukur menggunakan alat  $A_w$  meter (PRE-AquaLab). Sampel dimasukkan ke dalam ruang pengukuran alat tersebut, kemudian setelah indikator menunjukkan posisi ready, tombol start ditekan untuk memulai proses pengukuran. Nilai aktivitas air ( $A_w$ ) akan muncul pada layar ketika alat menunjukkan status *completed*, menandakan bahwa pengukuran telah selesai dan data dapat dibaca (Suharyanto, 2009).

### Uji warna

Sampel diletakkan di dalam wadah pipih untuk daun rosella bubuk dan juga *tisane* seduh dimasukkan kedalam wadah uji warna yang disediakan menggunakan alat *Chromameter* (CR-400 Konica Minolta) lalu dilakukan uji warna.

### Uji pH

Pengujian pH menggunakan alat pH Meter (pH 2700 Eutech Instrument) yang dimana penggunaan memakan electrode yang disimpan di dalam *buffer* sebelum alat digunakan bertujuan untuk mengkalibrasikan alat. Sampel di seduh kedalam air panas sebanyak 200ml dan di aduk menggunakan alat pengaduk *tisane* selama 5 menit. Setelah itu air *tisane* daun rosella diletakkan kedalam *beaker glass* lalu di cek pH nya.

### Uji aktivitas antioksidan

Pembuatan Ekstrak Sampel, timbang 0,5 g bubuk daun rosella dan tambahkan 5 mL air suling. Lalu letakkan ke orbital *shaker* (DAIHAN Scientific SHO-2D) selama 1 jam dengan 150 rpm, Masukkan ke dalam *Centrifuge* (Sigma 2-16P) dengan kecepatan 8500 rpm selama 10 menit. Setelah itu keluarkan dan disaring dengan kertas saring (Advantec 5A) lalu dari filtrat diambil dan dilakukan pengujian aktivitas antioksidan. Pengujian Aktivitas Antioksidan menggunakan berbagai metode yaitu

#### Total polyphenol content (TPC)

Masukkan standar *gallic acid* kedalam *plate microplate* sebanyak 50  $\mu\text{L}$  lalu buat pengenceran dengan tambahkan air suling sebanyak 50  $\mu\text{L}$  hingga wadah terakhir lalu air *dilution* terakhir dibuang. Setelah itu masukkan sampel sebanyak 50  $\mu\text{L}$  dan masukkan air suling 50  $\mu\text{L}$ . Lalu keduanya wadah *sample* dan *standart* diberi larutan folin sebanyak 100  $\mu\text{L}$ , atur timer hingga 6 menit setelah memasukkan larutan folin pertama kali. Lalu masukkan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebanyak 100  $\mu\text{L}$ . inkubasi selama 2 jam di tempat gelap lalu baca menggunakan Abs 765 nm dengan alat *Microplate reader* gen5 (EON Biotek) (Singleto et al., 1999).

#### DPPH radical scavenging

Siapkan DPPH campurkan ke methanol lalu absorpsi menggunakan Abs 517 nm dengan alat *Microplate reader* gen5 (EON Biotek) hingga nilai absorpsinya 1. Lalu masukan 2 *standart* bersampingan yaitu *Trolox* dan Vitamin C sebanyak 100  $\mu\text{L}$  lalu buat pengenceran dengan tambahkan air suling sebanyak 100  $\mu\text{L}$  hingga wadah terakhir lalu air *dilution* terakhir dibuang. Setelah itu masukkan sampel sebanyak 100  $\mu\text{L}$ . Lalu keduanya wadah *sample* dan *standart* diberi larutan DPPH sebanyak 200  $\mu\text{L}$ . Inkubasi selama 40 menit di tempat gelap lalu baca menggunakan Abs 517 nm dengan alat *Microplate reader* gen5 (EON Biotek) (Blois, 1958; Lu dan Foo, 2000).

### Ferric reducing antioxidant potential (FRAP)

Masukkan standar  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 20  $\mu\text{L}$  lalu buat pengenceran dengan tambahkan air suling sebanyak 20  $\mu\text{L}$  hingga wadah terakhir lalu air *dilution* terakhir dibuang. Setelah itu masukkan sampel sebanyak 20  $\mu\text{L}$  dan masukkan air suling 80  $\mu\text{L}$ . Lalu keduanya wadah *sample* dan *standart* diberi larutan FRAP sebanyak 200  $\mu\text{L}$ . Inkubasi selama 8 menit di tempat gelap lalu baca menggunakan Abs 593 nm dengan alat *Microplate reader* gen5 (EON Biotek) (Benzi dan Strain, 1996).

#### Total flavonoid content

Masukkan standar *Quercetin hydrate* sebanyak 100  $\mu\text{L}$  lalu buat pengenceran dengan tambahkan air suling sebanyak 100  $\mu\text{L}$  hingga wadah terakhir lalu air *dilution* terakhir dibuang. Setelah itu masukkan sampel sebanyak 100  $\mu\text{L}$ . Lalu keduanya wadah *sample* dan *standart* diberi larutan 2%  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 100  $\mu\text{L}$ . Inkubasi selama 1 jam di tempat gelap lalu baca menggunakan Abs 420 nm dengan alat *Microplate reader* gen5 (EON Biotek) (Ali et al., 2018)

#### Trolox equivalent antioxidant capacity (TEACH)

Pembuatan *Standart* ABTS dahulu yaitu Solution A (7mM ABTS) dan Solution B (potassium persulfate 2,45 mM, keduanya dicampur dan di letakkan di tempat gelap selama 16 jam. Setelah dicampur dan di tambahkan air suling lalu di absorpsi menggunakan Abs 734 nm dengan alat *Microplate reader* gen5 (EON Biotek) hingga nilai absorpsinya 0,7. Lalu Masukkan *Standart Trolox* sebanyak 20  $\mu\text{L}$  lalu buat pengenceran dengan tambahkan air suling sebanyak 20  $\mu\text{L}$  hingga wadah terakhir lalu air *dilution* terakhir dibuang. Setelah itu masukkan sampel sebanyak 20  $\mu\text{L}$ . Lalu keduanya wadah *sample* dan *standart* diberi larutan ABTS sebanyak 280  $\mu\text{L}$ . Inkubasi selama 30 menit di tempat gelap lalu baca menggunakan Abs 734 nm dengan alat

*Microplate reader* gen5 (EON Biotek) (Rajurkar dan Hande, 2011).

### Uji sensori

Uji sensori dilakukan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap *tisane* daun rosella yang disimpan dalam wadah aluminium dan box suhu pengeringan 60°C. Uji sensori dilakukan oleh 40 panelis kategori terlatih dengan rentang penilaian skor 1-7 dengan rincian skala sebagai berikut: 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak tidak suka, 4 = netral, 5 = agak suka, 6 = suka, dan 7 = sangat suka. Untuk menilai warna, bau, kemasaman, kepahitan, tekstur, *after taste* dan penerimaan keseluruhan (Triandini dan Wangiyana, 2022).

### Analisa data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode *One Way Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat signifikansi 5% ( $p \leq 0,05$ ) guna menentukan

perbedaan antar rata-rata perlakuan secara lebih spesifik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik tisane bubuk daun rosella

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu pengeringan menurunkan kadar air dan aw secara signifikan. Bubuk rosella yang dikeringkan pada 40°C memiliki kadar air tertinggi (6,68%), sedangkan pada 50°C dan 60°C kadar air menurun hingga sekitar 4%. Hal ini sesuai dengan teori pengeringan yang dikemukakan Fellow (2009), bahwa peningkatan suhu mempercepat laju difusi uap air dari bahan ke udara sehingga bahan lebih cepat mencapai kadar air rendah.

Hasil ini konsisten dengan penelitian Priawan dan Hamad (2024) yang melaporkan bahwa pengeringan rosella pada 60°C menghasilkan kadar air rendah (sekitar 4%) dan stabil untuk penyimpanan. Nilai aw rendah ( $\pm 0,35$ ) juga sejalan dengan temuan Rahman (2010) bahwa  $aw < 0,6$  dapat mencegah pertumbuhan mikroba

Tabel 1. Karakteristik tisane bubuk kering daun rosella

Suhu Pengeringan	Kadar Air (%)	$A_w$	L	$a^*$	$b^*$
40°C	6,68 ± 0,28 <sup>b</sup>	0,48 ± 0,01 <sup>b</sup>	45,22 ± 0,07 <sup>b</sup>	-4,70 ± 0,03 <sup>c</sup>	20,78 ± 0,03 <sup>b</sup>
50°C	4,29 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,35 ± 0,005 <sup>a</sup>	44,60 ± 0,15 <sup>a</sup>	-1,88 ± 0,13 <sup>a</sup>	20,48 ± 0,10 <sup>a</sup>
60°C	4,02 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,35 ± 0,03 <sup>a</sup>	46,59 ± 0,10 <sup>c</sup>	-2,38 ± 0,15 <sup>b</sup>	22,67 ± 0,02 <sup>c</sup>

Keterangan: Terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf signifikansi ( $\alpha = 0,05$ ) yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata diikuti notasi huruf berbeda berdasarkan uji DMRT.

Perubahan warna pada suhu 40–60°C menunjukkan perbedaan sangat nyata, terutama pada nilai  $a^*$  dan  $b^*$ . Semakin tinggi suhu, nilai  $b^*$  meningkat dan warna tampak lebih kekuningan. Secara teori, antosianin merupakan pigmen yang tidak stabil pada suhu tinggi dan mudah mengalami degradasi (Castaneda-Ovando *et al.*, 2009). Degradasi ini menyebabkan warna rosella berubah dari merah kecoklatan atau kekuningan.

Penelitian Amperawati *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pengeringan rosella

pada suhu lebih dari 55°C menyebabkan penurunan stabilitas warna antosianin hingga 20%. Hasil penelitian ini mendukung temuan tersebut karena bubuk rosella pada 60°C menunjukkan peningkatan  $b^*$  sebagai tanda degradasi antosianin.

Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu pengeringan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air, *water activity*, dan warna bubuk *tisane* daun rosella. Pengeringan pada suhu 40°C menghasilkan kadar air tertinggi yaitu 6,68%, sementara

pengeringan pada suhu 50°C dan 60°C menurunkan kadar air hingga 4,29% dan 4,02%. Hasil ANOVA mengonfirmasi bahwa perbedaan ini signifikan, yang menunjukkan bahwa meningkatnya suhu secara langsung mempercepat pelepasan air dari jaringan daun. Penurunan kadar air ini diikuti oleh penurunan *water activity*, dari 0,48 pada 40°C menjadi 0,35 pada 50°C dan 60°C. Nilai *water activity* di bawah 0,4 menunjukkan bahwa bubuk *tisane* memiliki stabilitas mikrobiologis yang baik, sehingga aman untuk penyimpanan jangka panjang.

Perubahan warna pada bubuk *tisane* juga menunjukkan hasil yang signifikan menurut ANOVA. Nilai L meningkat pada suhu 60°C, menunjukkan tingkat kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain. Selain itu, nilai *a\** dan *b\** juga berubah nyata sesuai dengan peningkatan suhu. Nilai *a\** menunjukkan pergeseran ke warna merah, sedangkan nilai *b\** meningkat menunjukkan intensitas warna kuning. Perubahan warna ini berkaitan dengan stabilitas pigmen antosianin

dalam daun rosella, dimana pemanasan sedang mampu meningkatkan ekstraksi pigmen tanpa menyebabkan degradasi. Dengan demikian, suhu 60°C tidak hanya efektif dalam menurunkan kadar air, tetapi juga menghasilkan bubuk dengan warna yang lebih intens, yang berpotensi meningkatkan daya tarik visual produk

### Aktivitas antioksidan tisane bubuk daun rosella

TPC dan TFC meningkat seiring kenaikan suhu. Suhu 60°C menghasilkan nilai tertinggi dibandingkan perlakuan lain. Menurut Dewanto *et al.*(2002), pemanasan sedang dapat meningkatkan pelepasan senyawa fenolik melalui kerusakan dinding sel dan pelepasan fenol terikat.

Temuan ini serupa dengan studi Lema *et al.*(2021), yang menunjukkan bahwa pengeringan rosella pada 55–60°C meningkatkan total fenol hingga 15% karena pemanasan ringan dapat meningkatkan ketersediaan biofenol.

Tabel 2. Aktivitas antioksidan tisane bubuk daun rosella

Suhu Pengeringan	TPC (mg GAE/100mL)	FRAP (mg FE/100mL)	DPPH (% inhib)	TEAC (mg TE/100mL)	TFC (mg QE/100mL)
40°C	100,62 ± 0,87 <sup>a</sup>	267,97 ± 2,48 <sup>a</sup>	69,83 ± 1,13 <sup>a</sup>	100,71 ± 0,89 <sup>a</sup>	19,43 ± 1,01 <sup>a</sup>
50°C	125,20 ± 0,96 <sup>b</sup>	371,87 ± 0,41 <sup>b</sup>	81,10 ± 0,08 <sup>b</sup>	124,39 ± 0,45 <sup>b</sup>	20,66 ± 0,81 <sup>a</sup>
60°C	126,29 ± 0,51 <sup>b</sup>	372,33 ± 1,89 <sup>b</sup>	83,16 ± 0,15 <sup>c</sup>	127,50 ± 0,70 <sup>c</sup>	22,24 ± 0,69 <sup>b</sup>

Keterangan: Terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf signifikansi ( $\alpha = 0,05$ ) yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata diikuti notasi huruf berbeda berdasarkan uji DMRT.

Aktivitas antioksidan bubuk rosella meningkat secara signifikan pada suhu lebih tinggi. Suhu 60°C menghasilkan FRAP, DPPH, dan TEAC tertinggi. Peningkatan ini biasanya berkaitan dengan meningkatnya TPC dan TFC karena senyawa fenolik memiliki kemampuan sebagai penangkap radikal bebas (Rice-Evans *et al.*, 1997).

Penelitian Purbowati *et al.*(2019) juga menemukan bahwa pengeringan rosella pada suhu 60°C memberikan nilai DPPH tertinggi. Mereka berpendapat bahwa suhu sedang (50–60°C) mempercepat pelepasan senyawa antioksidan tanpa menyebabkan degradasi besar.

Hasil analisis antioksidan bubuk *tisane* rosella menunjukkan bahwa suhu pengeringan berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter antioksidan, yaitu total fenol (TPC), kapasitas reduksi ion besi (FRAP), aktivitas penangkapan radikal bebas (DPPH), kapasitas antioksidan setara *Trolox* (TEAC), dan total flavonoid (TFC). Suhu pengeringan 40°C menghasilkan aktivitas antioksidan terendah, sementara suhu 50°C dan 60°C menunjukkan peningkatan signifikan pada seluruh parameter. Hasil ANOVA memperkuat temuan tersebut dengan menunjukkan perbedaan sangat nyata antar perlakuan.

Peningkatan aktivitas antioksidan pada suhu lebih tinggi dapat dijelaskan melalui mekanisme pelepasan senyawa fenolik akibat meningkatnya disrupsi dinding sel selama pemanasan. Pemanasan pada suhu sedang (50–60°C) umumnya tidak merusak struktur senyawa fenolik maupun flavonoid, sehingga konsentrasi antioksidan tetap terjaga atau bahkan meningkat. Suhu 60°C memberikan nilai tertinggi pada TPC, FRAP, DPPH, dan TEAC, yang menunjukkan bahwa suhu ini merupakan kondisi optimal untuk menghasilkan bubuk rosella dengan potensi antioksidan paling tinggi. Dengan demikian, peningkatan suhu pengeringan terbukti

signifikan dalam meningkatkan potensi bioaktif bubuk *tisane* rosella.

### Karakteristik *tisane* seduh daun rosella

Nilai pH seduhan menurun seiring dengan peningkatan suhu. Hal ini karena rosella mengandung asam organik seperti asam sitrat, malat, dan askorbat yang larut dalam air panas (Da-costa-rocha *et al.*, 2014).

Elvira (2023) melaporkan bahwa seduhan rosella pada suhu 55–60°C memiliki pH lebih rendah dibanding seduhan suhu rendah karena meningkatnya kelarutan asam organik. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan tersebut.

Tabel 3. Karakteristik seduhan *tisane* daun rosella

Suhu Pengeringan	pH	L	<i>a</i> *	<i>b</i> *
40°C	3,62 ± 0,01 <sup>c</sup>	34,15 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,01 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,84 ± 0,02 <sup>b</sup>
50°C	3,29 ± 0,00 <sup>b</sup>	33,93 ± 0,03 <sup>a</sup>	2,84 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,95 ± 0,01 <sup>a</sup>
60°C	3,23 ± 0,01 <sup>a</sup>	34,17 ± 0,01 <sup>b</sup>	4,42 ± 0,03 <sup>c</sup>	7,51 ± 0,02 <sup>c</sup>

Keterangan: Terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf signifikansi ( $\alpha = 0,05$ ) yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata diikuti notasi huruf berbeda berdasarkan uji DMRT.

Warna seduhan semakin merah pada suhu lebih tinggi, terlihat dari peningkatan nilai *a*\*. Hal ini sesuai teori ekstraksi bahwa suhu tinggi meningkatkan kelarutan pigmen antosianin (Cacace dan Mazza 2023).

Wu *et al.*(2018) menyatakan bahwa ekstraksi rosella pada 60°C menghasilkan warna merah paling pekat karena suhu tersebut meningkatkan difusi pigmen tanpa menyebabkan degradasi berlebihan. Hasil penelitian ini mendukung temuan tersebut

Analisis ANOVA terhadap pH dan warna seduhan rosella menunjukkan bahwa suhu penyeduhan memberikan pengaruh yang sangat nyata. pH seduhan menurun dari 3,62 pada suhu penyeduhan 40°C menjadi 3,23 pada suhu 60°C. Penurunan pH ini menunjukkan bahwa pemanasan meningkatkan pelepasan asam organik dan antosianin yang bersifat asam. Penurunan pH kemudian berpengaruh langsung terhadap perubahan warna seduhan.

Parameter warna *L*\*, *a*\*, dan *b*\* menunjukkan perbedaan sangat nyata antar perlakuan. Nilai *a*\* meningkat pada suhu

lebih tinggi, yang menunjukkan warna merah yang lebih pekat. Nilai *b*\* juga meningkat, menandakan warna kekuningan yang lebih intens. Kombinasi nilai warna yang meningkat ini mencerminkan stabilitas antosianin pada kondisi pemanasan. Antosianin rosella diketahui stabil pada kondisi pH rendah dan suhu sedang, sehingga penyeduhan pada 60°C memberikan ekstraksi warna yang optimal. Dengan demikian, suhu penyeduhan tidak hanya memengaruhi keasaman seduhan, tetapi juga menentukan intensitas warna yang muncul pada seduhan *tisane* rosella

### Aktivitas antioksidan *tisane* seduh daun rosella

PC tidak berbeda nyata antar suhu, yang menunjukkan bahwa pemanasan tidak banyak memengaruhi jumlah fenol terlarut. Fenol larut dalam air bahkan pada suhu rendah (Singleton dan Rossi, 1965). Hal ini sesuai dengan penelitian Singh *et al.*(2021) yang menemukan bahwa seduhan rosella pada 23-

50°C memiliki TPC relatif stabil meskipun terjadi perbedaan suhu ekstraksi

Nilai FRAP menurun pada suhu lebih tinggi, sedangkan DPPH tetap tinggi. TEAC

dan TFC menurun akibat degradasi termal senyawa sensitif panas. Hal ini bisa dilihat pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4. Aktivitas Antioksidan Seduhan Rosella

Suhu Pengeringan	TPC (mg GAE/100mL)	FRAP (mg FE/100mL)	DPPH (% inhib)	TEAC (mg TE/100mL)	TFC (mg QE/100mL)
40°C	26,02 ± 1,00 <sup>a</sup>	60,10 ± 1,49 <sup>c</sup>	89,21 ± 0,44 <sup>a</sup>	29,28 ± 0,71 <sup>a</sup>	3,13 ± 0,14 <sup>a</sup>
50°C	25,84 ± 0,68 <sup>a</sup>	57,78 ± 0,65 <sup>b</sup>	90,07 ± 0,06 <sup>b</sup>	27,08 ± 0,89 <sup>a</sup>	2,76 ± 0,06 <sup>a</sup>
60°C	26,53 ± 0,51 <sup>a</sup>	54,15 ± 0,65 <sup>a</sup>	90,29 ± 0,11 <sup>b</sup>	26,62 ± 1,20 <sup>b</sup>	2,78 ± 0,07 <sup>b</sup>

Keterangan: Terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf signifikansi ( $\alpha = 0,05$ ) yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata diikuti notasi huruf berbeda berdasarkan uji DMRT.

Menurut Shaidi *et al.*(1992) beberapa antioksidan bersifat termosensitif dan mengalami oksidasi pada suhu tinggi. Ursu *et al.*(2020) juga melaporkan bahwa flavonoid mudah rusak pada suhu tinggi sehingga mengurangi kemampuan antioksidan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Zannou *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa ekstraksi rosella pada suhu tinggi ( $\geq 60^\circ\text{C}$ ) menyebabkan penurunan FRAP dan flavonoid, meskipun DPPH tetap tinggi.

Hasil ANOVA terhadap aktivitas antioksidan seduhan menunjukkan adanya perbedaan nyata pada sebagian besar parameter. Total fenol (TPC) tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar suhu penyeduhan, yang mengindikasikan bahwa fenol mudah larut pada rentang suhu 40–60°C dan relatif stabil terhadap pemanasan. Sebaliknya, parameter FRAP menunjukkan penurunan signifikan pada suhu tinggi, yang dapat disebabkan oleh degradasi sebagian senyawa yang bersifat reduktif selama pemanasan.

Aktivitas DPPH menunjukkan peningkatan signifikan pada suhu 50°C dan 60°C, yang menunjukkan bahwa pemanasan

membuka akses senyawa antioksidan yang lebih efektif menangkap radikal bebas. Parameter TEAC dan TFC menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan, meskipun nilainya cenderung menurun pada suhu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa senyawa flavonoid rentan terhadap pemanasan, tetapi secara keseluruhan aktivitas antioksidan tetap berada pada tingkat yang tinggi. Oleh karena itu, suhu penyeduhan memainkan peran penting dalam menentukan kualitas antioksidan seduhan, meskipun respons setiap parameter berbeda bergantung pada sifat kimianya.

#### Uji sensori seduhan rosella (Suhu 60°C)

Diambil suhu pengeringan 60°C dikarenakan hasil dari karakteristik fisik dan aktivitas antioksidan terbaik disuhu tersebut. Hampir seluruh atribut sensori tidak berbeda nyata antara kemasan box dan aluminium. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua kemasan tidak mempengaruhi kualitas seduhan secara signifikan. Hal tersebut bisa dilihat pada hasil uji sensori seduhan rosella pada tabel 5 dibawah ini

Tabel 5. Uji sensori seduhan rosella (suhu 60°C).

Kemasan	Warna	Bau	Kemasaman	Kepahitan	Tekstur	Aftertaste	Penerimaan Keseluruhan
Box	5,25 ± 1,1 <sup>a</sup>	5,25 ± 1,1 <sup>a</sup>	5,23 ± 1,1 <sup>a</sup>	5,38 ± 0,9 <sup>a</sup>	5,48 ± 0,8 <sup>a</sup>	5,25 ± 0,9 <sup>a</sup>	5,25 ± 0,9 <sup>a</sup>
Aluminium	5,25 ± 1,2 <sup>a</sup>	5,35 ± 1,2 <sup>a</sup>	5,38 ± 1,0 <sup>a</sup>	5,33 ± 0,9 <sup>a</sup>	5,68 ± 0,9 <sup>a</sup>	2,45 ± 1,1 <sup>a</sup>	5,43 ± 1,1 <sup>a</sup>

Keterangan: Terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf signifikansi ( $\alpha = 0,05$ ) yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata diikuti notasi huruf berbeda berdasarkan uji DMRT.

Skor 1-7 dengan rincian skala sebagai berikut: 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak tidak suka, 4 = netral, 5 = agak suka, 6 = suka, dan 7 = sangat suka.

Menurut Meilgaard *et al.* (2006) perbedaan kemasan dapat memengaruhi sensori apabila terjadi migrasi bahan ke produk. Dalam penelitian ini, hanya aftertaste yang menunjukkan perbedaan aluminium memiliki nilai lebih rendah, kemungkinan karena adanya rasa metalik.

Penelitian Duncan dan Webster (2009) menyebutkan bahwa kemasan aluminium foil terkadang memberikan aftertaste metalik pada produk seduhan herbal. Hal ini sesuai dengan temuan penelitian ini.

Hasil uji sensori memperlihatkan bahwa jenis kemasan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap mutu sensori seduhan rosella pada suhu penyeduhan 60°C. Seluruh parameter sensori, termasuk warna, aroma, kemasaman, kepahitan, tekstur, aftertaste, dan penerimaan keseluruhan, menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata antar kemasan. Hal ini berarti bahwa baik kemasan box maupun aluminium mampu menjaga mutu organoleptik selama penyimpanan. Tidak adanya pengaruh signifikan dari kemasan terhadap mutu sensori menunjukkan bahwa stabilitas komponen volatil dan nonvolatil rosella tetap terjaga, terlepas dari jenis kemasan yang digunakan. Dengan demikian, kedua jenis kemasan dapat direkomendasikan untuk penggunaan industri maupun komersial tanpa memengaruhi kualitas seduhan secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa suhu pengeringan yang paling optimal untuk menghasilkan bubuk *tisane* rosella adalah 60°C, karena suhu tersebut mampu menurunkan kadar air hingga tingkat yang

aman, menjaga stabilitas warna, serta memberikan aktivitas antioksidan tertinggi. Pada proses penyeduhan, suhu 60°C juga terbukti menghasilkan warna seduhan yang paling pekat, nilai pH yang lebih asam, serta aktivitas penangkap radikal bebas yang lebih tinggi dibandingkan suhu lainnya. Meskipun aktivitas antioksidan pada bentuk bubuk meningkat seiring kenaikan suhu pengeringan, beberapa parameter pada seduhan seperti FRAP, TEAC, dan TFC justru menunjukkan penurunan akibat degradasi senyawa antioksidan yang sensitif terhadap pemanasan langsung dalam air. Hasil uji sensori menunjukkan bahwa seduhan rosella pada suhu 60°C dapat diterima dengan baik oleh panelis, tanpa adanya perbedaan nyata pada hampir seluruh atribut sensori antara kemasan box dan aluminium, kecuali pada aftertaste yang sedikit lebih rendah pada kemasan aluminium. Secara keseluruhan, suhu 60°C dapat dinyatakan sebagai suhu terbaik untuk proses penyeduhan rosella karena memberikan kualitas visual yang baik, aktivitas antioksidan yang tinggi, serta penerimaan sensori yang positif.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa suhu pengeringan memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik, kimia, dan aktivitas antioksidan bubuk daun rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). Peningkatan suhu pengeringan dari 40°C hingga 60°C menyebabkan penurunan kadar air dan *water activity*, yang menunjukkan efisiensi pengeringan lebih tinggi serta potensi penyimpanan yang lebih baik karena risiko

pertumbuhan mikroba berkurang. Sementara itu, kandungan senyawa bioaktif, termasuk total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), dan aktivitas antioksidan yang diukur melalui metode FRAP, DPPH, dan TEAC, meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan, menunjukkan bahwa suhu lebih tinggi dapat mempertahankan atau mengekstraksi senyawa antioksidan lebih optimal.

Karakter seduhan, seperti pH dan warna, mengalami perubahan yang relatif minor, dan uji sensori menunjukkan bahwa persepsi konsumen terhadap aroma, rasa, tekstur, dan keseluruhan penerimaan tidak berbeda nyata antar perlakuan. Hal ini menandakan bahwa meskipun terjadi perubahan signifikan pada parameter fisik dan kimia, kualitas organoleptik seduhan tetap terjaga.

Secara keseluruhan, pengeringan daun rosella pada suhu 50–60°C dapat direkomendasikan sebagai kondisi optimal untuk menghasilkan bubuk dan seduhan *tisane* yang kaya antioksidan tanpa mengurangi penerimaan sensori. Temuan ini memberikan dasar ilmiah bagi pengolahan daun rosella sebagai minuman fungsional, yang dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen akan produk sehat dan bernutrisi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Serdang, Selangor, Malaysia, atas dukungan pendanaan, fasilitas penelitian, serta bimbingan teknis yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Penghargaan juga disampaikan kepada Pusat Food Science & Technology (FT), yang telah menyediakan sarana laboratorium serta membantu dalam pelaksanaan analisa Dukungan dari kedua lembaga tersebut sangat berperan penting dalam keberhasilan dan kelancaran pelaksanaan penelitian ini. Begitu juga kepada Universitas Muhammadiyah

Sumatera Utara atas berkat kesempatannya penulis bisa menginjakkan kaki untuk meneliti di MARDI.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. M. A., El-Nour, M. E. A. M., & Yagi, S. M. (2018). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) rhizome, callus and callus treated with some elicitors. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16(2), 677–682. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2018.03.003>
- Amperawati, S., Santoso, U., Hastuti, P., & Pranoto, Y. (2019). *Stabilisasi antosianin ekstrak kelopak rosela (Hibiscus sabdariffa L.) melalui metode nanoenkapsulasi dan degradasinya terhadap pengaruh suhu dan cahaya [Disertasi]*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Asiah, N., & Djaeni, M. (2021). *Konsep Dasar Proses Pengeringan Pangan*. Malang: AE Publishing.
- Asiah, N., Sari, D. A., Triyastuti, M. S., & Djaeni, M. (2023). *Peralatan pengering pangan*. Sleman: CV. Bintang Semesta Media (Issue November).
- Benzi, I. F. ., & Strain, J. . (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(292), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Blois, M. . (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199–1200. <http://dx.doi.org/10.1038/1811199a0>
- Cacace, J. E., & Mazza, G. J. (2023). Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. *Journal of Food Engineering*, 59(4), 379–389. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00497-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00497-1)
- Castaneda-Ovando, A., Pacheco-Hernandez, L., Paez-Hernandez, E., Rodriguez, J. A., & Galan-Vidal, C. A. (2009).

- Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859–871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- Da-costa-rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., & Heinrich, M. (2014). Hibiscus sabdariffa L . – A phytochemical and pharmacological review. *Food Chem*, 165, 424–443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002>
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010–3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Duncan, S. E., & Webster, J. B. (2009). Chapter 2 sensory impacts of food–packaging interactions. *Advances in Food and Nutrition Research*, 56, 17–64. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(08\)00602-5](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(08)00602-5)
- Edo, G. I., Samuel, P. O., Jikah, A. N., Oloni, G. O., Ifejika, M. N., Oghenegueke, O., Ossai, S., Ajokpaoghene, M. O., Asaah, E. U., Uloho, P. O., Akpogheli, P. O., Ugbune, U., Ezekiel, G. O., Onoharigho, F. O., Agbo, J. J., & Essaghah, A. E. A. (2023). Proximate composition and health benefit of Roselle leaf (Hibiscus sabdariffa). Insight on food and health benefits. *Food Chemistry Advances*, 3(April), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100437>
- Elvira, R. (2023). *Daya terima, vitamin c, pH, dan stabilitas warna seduhan rosella ( Hibiscus sabdariffa L . ) Kering* [Skripsi]. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Fellow, P. J. (2009). *Food processing technology principles and practice*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Lema, A. A., Mahmud, N. H., & Khandaker, M. M. (2021). Therapeutic and economic Impacts of Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) Anthocyanin; A Review. *Bioscience Research*, 18(2), 284–294.
- Lu, Y., & Foo, L. Y. (2000). Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace - vegetables. *Food Chemistry*, 68(1), 81–85. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00167-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00167-3)
- Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Civille, G. V. (2006). *Sensory evaluation techniques, Fourth Edition*. Florida: CRC Press.
- Nguyen, Q. V., & Chuyen, H. Van. (2020). Processing of herbal tea from roselle (Hibiscus sabdariffa l.): Effects of drying temperature and brewing conditions on total soluble solid, phenolic content, antioxidant capacity and sensory quality. *Beverages*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.3390/beverages6010002>
- Priawan, H. A., & Hamad, A. (2024). Pengaruh metode pengeringan terhadap karakter fisik, total phenolic dan flavonoid, dan aktifitas antioksidan bunga rosella. *Inovasi Teknik Kimia*, 9(4), 246–253.
- Purbowati, I. S. M., Sujiman, & Maksam, A. (2019). Antioxidant Activity And Isolation Bioactive Compounds From Roselle ( Hibiscus sabdariffa ) From Various Methods And Drying Time. *AGROINTEK*, 13(1), 1–9.
- Rahman, M. S. (2010). Food stability determination by macro–micro region concept in the state diagram and by defining a critical temperature. *Journal of Food Engineering*, 99(4), 402–416. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.07.011>
- Rajurkar, N. ., & Hande, S. . (2011). Estimation of phytochemical content and antioxidant activity of some selected traditional indian medicinal plants. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 73, 146–151. <https://doi.org/10.4103/0250-474X.91574>
- Rambe, P. S., Putra, I. B., & Yosi, A. (2022). The effect of roselle leaf (Hibiscus sabdariffa L.) extract gel on wound healing. *Journal of Medicine and Life*,

- 15(10), 1246–1251. <https://doi.org/10.25122/jml-2021-0425>
- Ravikumar, C. (2014). Review on Herbal Teas. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6(5), 236–238.
- Rice-Evans, C., Miller, N., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152–159. [http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)
- Shaidi, F., Janitha, P. K., & Wanasundara, P. D. (1992). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32(1), 67–103. <https://doi.org/10.1080/10408399209527581>
- Singh, M., Thrimawithana, T., Shukla, R., & Adhikari, B. (2021). Extraction and characterization of polyphenolic compounds and potassium hydroxycitrate from Hibiscus sabdariffa. *Future Foods*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100087>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *AJEV: American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 159–167. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.159>
- Suharyanto, S. (2009). Aktivitas air (aw) dan warna dendeng daging giling terkait cara pencucian (leaching) dan jenis daging yang berbeda. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 4(2), 113–120. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.4.2.113-120>
- Taufik, Y., Widiyantara, T., & Garnida, Y. (2016). The effect of drying temperature on the antioxidant activity of black mulberry leaf tea (*Morus nigra*). *RASAYAN Journal of Chemistry*, 9(4), 889–895.
- Triandini, I. G. A. A. H., & Wangiyana, I. G. A. S. (2022). Mini-Review Uji Hedonik Pada Produk Teh Herbal Hutan. *Jurnal Silva Samalas*, 5(1), 12–19. <https://doi.org/10.33394/jss.v5i2.5473>
- Ursu, M. S., Aprodu, I., Milea, S. A., Enachi, E., Rapeanu, G., Bahrim, G. E., & Stanciuc, N. (2020). Thermal degradation kinetics of anthocyanins extracted from purple maize flour extract and the effect of heating on selected biological functionality. *Foods*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/foods9111593>
- Vijayalakshmi, S., R, B., S, V., R, D. R., & J, Y. (2016). Formulation and sensory evaluation of tisanes. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 7(4), 115–120. <https://doi.org/10.22376/ijpbs.2016.7.4.b115-120>
- Wu, H., Yang, K., & Chiang, P. (2018). Roselle anthocyanins: antioxidant properties and. *Molecules*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/molecules23061357>
- Zannou, O., Koca, I., Aldawoud, T. M. S., & Galanakis, C. M. (2020). Recovery and stabilization of anthocyanins and phenolic antioxidants of roselle (*hibiscus sabdariffa* l.) With hydrophilic deep eutectic solvents. *Molecules*, 25(16). <https://doi.org/10.3390/molecules25163715>